

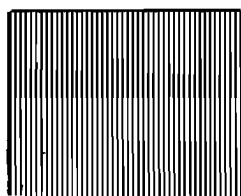
**ON
N
A
R
E
S
T**

INSTITUT DE RECHERCHES AGRICOLES ET FORESTIERES

0

**RECONNAISSANCE PÉDOLOGIQUE
DU BASSIN VERSANT REPRÉSENTATIF
D'OTTOTOMO**

(CENTRE - CAMERDUN)



J. P. MULLER
Pédologue ORSTOM
avec la collaboration de M. IKOUNGA
Hydrologue

1977

RECONNAISSANCE PEDOLOGIQUE
DU BASSIN VERSANT REPRESENTATIF
D'OTTOTOMO
(Centre - Cameroun)

Par

Jean-Pierre MULLER^{*}

Avec la collaboration de M. IKOUNGA^{**}

* Pédologue de l'O.R.S.T.O.M.
ONAREST - Institut de Recherches Agricoles et Forestières
(IRAF) - Centre de NKOLBISSON - B.P. 2067 - YAOUNDE - RUC.

** Hydrologue
ONAREST - Institut de Recherches sur les Techniques l'Industrie et le Sous-Sol (IRTISS).

COPYRIGHT ONAREST - J.P. MULLER.

"Droits de reproduction et d'adaptation soumis pour tous pays à l'autorisation écrite préalable des dépositaires du copyright. Sont autorisées les citations et reproductions de figures accompagnées des références bibliographiques".

"All rights reserved. No part of this book may be translated or reproduced by any means without the prior written permission from the copyright owners. Quotations and reproductions of drawings can be made with bibliographical references".

RESUME :

La reconnaissance pédologique du bassin versant représentatif d'OTTOTOMO repose sur la seule étude macroscopique de quatre toposéquences, de quatre à cinq profils chacune, jugées représentatives des différents types de modelés. Malgré le nombre limité de fosses et leur profondeur réduite (moins de 350CM), différents niveaux d'organisation ont été reconnus de l'échelle de la phase à celle du bassin versant. Les principaux processus pédogénétiques ont été inventoriés et caractérisés au niveau de la phase et de l'horizon : Ce sont l'altération-altéroplassation, la pédoplassation, la microstructuration, la ferritisation, la microlyse, le lessivage, l'accumulation organique. Dans une optique verticaliste, les divers modes d'association des horizons, leur développement respectif, leur contraste relatif, leur épaisseur ou leur profondeur d'apparition, déterminent divers types de pédons. Dans une optique latéraliste, ces pédons s'organisent en séquons (ou caténons) sur différents types de modelés différenciés par leur forme générale (rectiligne ou convexe), leur dénivelée, le mode de raccordement des versants aux bas-fonds. A l'échelle du bassin versant, il nous a semblé que ces séquences étaient ordonnées de l'amont vers l'exutoire. A l'échelle régionale enfin, une brève comparaison a été effectuée entre ces sols qualifiés de "jaunes" par HUMBEL (1976) et des sols "rouges" actuellement étudiés plus au Nord.

A chacun de ces niveaux d'organisation, un classement empirique de la porosité-perméabilité du matériau pédologique a été tenté. Ce classement fait finalement ressortir l'importance de la notion d'unités hydrodynamiques superposables aux unités morpho-pédogénétiques, laquelle nous paraît être la base fondamentale de toute étude de dynamique actuelle; cette dernière, dans le cadre d'une collaboration entre pédologues et hydrologues, constitue un maillon indispensable entre la définition par le pédologue des différents niveaux d'organisation des sols, et l'étude des transferts et du bilan de l'eau menée par l'hydrologue à l'échelle du bassin versant.

P L A N :

1 - INTRODUCTION.

2 - LES FACTEURS DU MILIEU.

3 - LES TYPES DE SOLS.

31 - Les sols des collines hautes - Séquence S 1 :

311 - Description d'un profil-type

312 - Commentaires

313 - Les variations latérales

314 - Effets de la mise en culture

32 - Les sols des modelés convexes :

321 - Séquence S 3 sous forêt

3211 - Les sols brun-jaune d'amont

3212 - Les sols ocres de mi-pente et tiers inférieur de pente

3213 - Les sols jaunes de la rupture de pente

322 - Autres séquences sous défriche :

3221 - Séquence S 4 à aval concave

32211 - La partie convexe

32212 - Le bas de versant concave

3222 - Séquence S 2, sur modelé convexe, à faible dénivelée :

32221 - Les sols ocres de l'amont

32222 - Les sols ocres de mi-pente et tiers inférieur de pente

32223 - Les sols jaunes de bas de versant

33 - Les sols des bas-fonds.

4 - PROCESSUS PEDOGENETIQUES ET ORGANISATIONS AUX DIFFERENTES ECHELLES.

41 - Les processus pédogénétiques

411 - Altération et évolution ferrallitiques

412 - La maturation structurale

413 - Rétichromation et induration des horizons B profonds

4131 - Sols des modelés convexes

4132 - Sols des collines hautes

414 - Conclusions sur l'évolution des sols des modelés convexes

42 - Variations latérales des organisations

421 - A l'échelle de l'unité de modelé

422 - A l'échelle du bassin versant

423 - A l'échelle régionale

5 - CONCLUSIONS.

1 - INTRODUCTION :

A la requête de nos collègues hydrologues, et particulièrement de Monsieur M. IKOUNGA, chargé de l'étude hydrologique du bassin versant d'Ottotomo (à 50 km au Sud-Ouest de Yaoundé), nous avons entrepris une brève reconnaissance pédologique de ce bassin.

Notre prospection revêtait 3 centres d'intérêt :

- 1/ Fondamental : Il s'agissait d'étendre nos observations sur l'organisation des horizons meubles des sols rouges ferrallitiques du Centre-Est Cameroun (J.P. MULLER, 1977 a et b) à celle des horizons meubles de sols précédemment qualifiés de "jaunes" par F.X. HUMBEL (1976), et de vérifier en un site adéquat quelques lois de variation latitudinale de la "séquence verticale d'organisation" de ces horizons meubles (J.P. MULLER, 1977c). En outre, puisque nous avons procédé à une étude de 4 toposéquences choisies sur des sites topographiques jugés représentatifs, nous avons collecté quelques données supplémentaires sur les variations latérales des organisations des sols ferrallitiques à l'échelle de l'unité de modelé (étude en cours).
- 2/ Cartographique : Dans le cadre d'un projet de cartographie des sols de la région de Yaoundé il nous a paru avantageux de saisir cette occasion d'exécuter une pré-étude de profils sur ce site déjà prospecté par F.X. HUMBEL et M. IKOUNGA, respectivement sur les plans de la physique des sols et de l'hydrologie.
- 3/ Multidisciplinaire : On sait, comme l'ont montré les études de F.X. HUMBEL, le rôle primordial que joue la dynamique de l'eau, associée aux propriétés physiques des sols. Quelques mesures effectuées par M. IKOUNGA nous donnaient l'occasion de tester sur le terrain certaines supputations tirées de la seule observation morphologique des sols.

2 - LES FACTEURS DU MILIEU :

Trois facteurs de l'environnement nous ont paru déterminants dans la répartition des séries de sols :

21 - La géologie et les formes générales du modelé associé : (cf. Fig. 1 : Extrait de la carte géologique à 1/500 000è).

Le bassin versant repose sur un substratum géologique comprenant :

- Au Sud-Est, et sur 1/6 de sa superficie, un ensemble de collines hautes sur ectinites (gneiss micaschisteux grenatifères à 2 micas et quartzites micacées), culminant à 840-860 M, à pentes très fortes et quasi rectilignes donnant sur des têtes de thalwegs étroites.

- Sur le reste du bassin, des migmatites (gneiss embréchites quartzifères, à deux micas) n'imposant pas une morphologie particulière au modelé. Ce dernier, convexe, est typique des régions chaudes et humides. Notons cependant que les pentes sont relativement fortes, particulièrement au tiers inférieur des versants, sur les collines adossées au relief précédent.

Ce substratum, donc composé de roches relativement acides, explique partiellement la dominance de sols plus "jaunes" que ceux situés à quelques kilomètres plus au Nord.

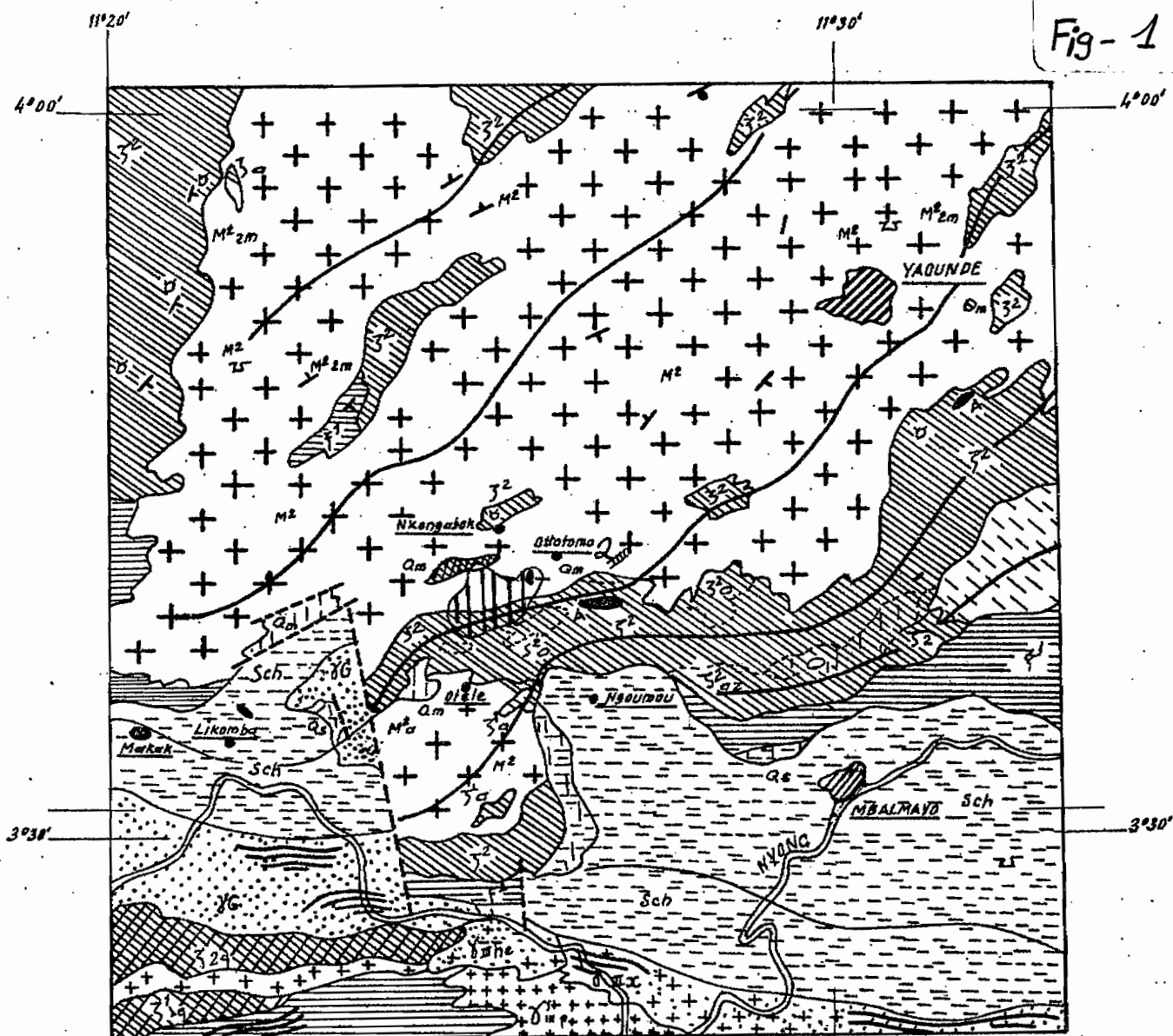
22 - L'altitude relative et la topographie de détail du modelé convexe : (cf. Fig. 2).

Il nous faut en effet distinguer approximativement :

- Dans la moitié Est un ensemble de collines culminant à environ 750 m, de 50 m de dénivelée, à bas de versant très convexe et pentu, séparées par des thalwegs plats de moins de 50 m de largeur.

- Dans la moitié Ouest, des collines plus évasées, de 50 m de dénivelée mais culminant à 720-730 m, à bas de versant

Fig - 1



1. Serie de Mbalmayo

Sch	Schistes de Mbalmayo
Qs	Quartzites sericiteux

2- Serie grenatiferre de Yaoundé

2.1 Echinites

Micaschistes grenatiferes à dex micas
Quartzites micacés

gneiss micaschisteux grenatiferes à deux micas
Quartzites micacés

Para amphibolites

2.2. Migmatites

Micaschistes grenatiferes migmatisés
gneiss embrechites grenatiferes à deux micas
" " " " à biotites

3- Series cristallophyliennes du Nyong inférieur et de la Lokoundja

3.1 Echinites

gneiss leptinitique et quartzite à biotites
orthogneiss à pyroxènes

4- Roches éruptives anciennes

4.1- Granites-calca-alcalins

Granite à pyroxènes et biotite

Granite du São

4.2 Syenites

Syenites à œgycine

Zone milonitisée

"Bassins d'OTTOTOMO"

plus rectiligne puis convexo-concave, raccord topographique plus doux avec des bas-fonds larges de plus de 50 m.

Nous verrons que ces variations topographiques de détail influencent le développement relatif des sols jaunes d'aval et ocres d'amont, détermine la profondeur d'apparition d'un horizon nodulaire, et conditionne le développement de sols brun-jaune, les plus meubles, à l'amont des collines les plus hautes.

23 - La végétation :

Une forêt hémibromphile couvre l'essentiel du bassin, ce dernier se situant pour moitié dans une réserve forestière. Dans cette région relativement peuplée les défrichements répétés ont fortement dégradé cette végétation climacique. Le bassin étant subdivisé en 3 sous-bassins (M. IKOUNGA, 1977) il est intéressant d'examiner la répartition du couvert végétal en fonction de cette division. On distingue :

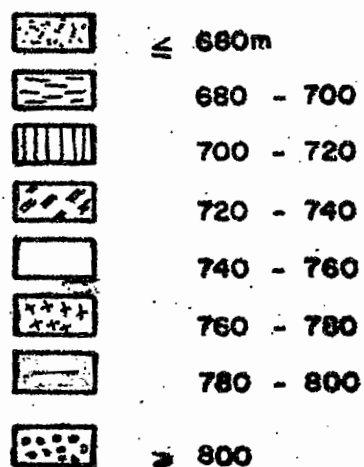
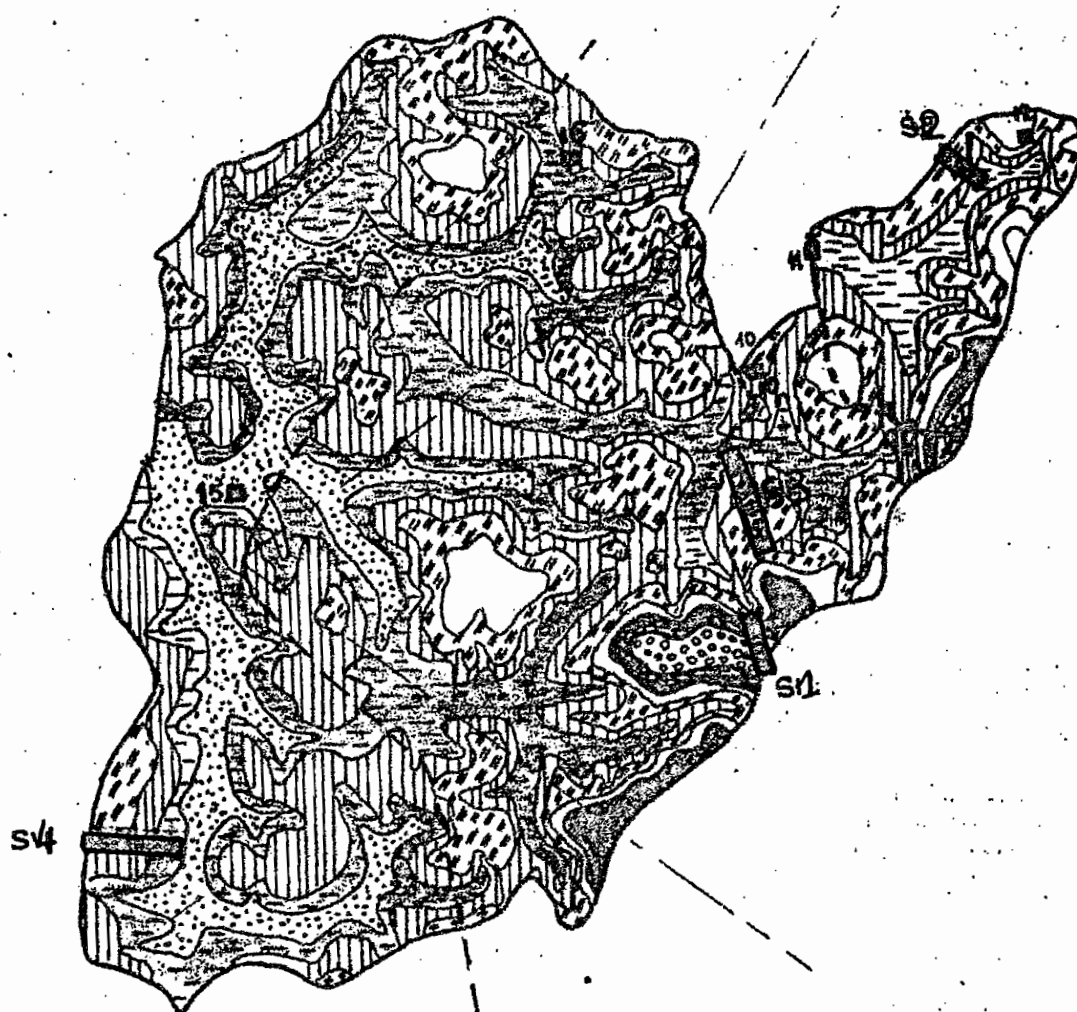
- A l'Est 2 sous-bassins de petite taille dans la réserve forestière : S 1 sous forêt non dégradée; S 2 presque entièrement couvert de friches et cultures, enclave de défrichement tolérée au sein de la réserve.
- A l'Ouest, le bassin principal uniquement défriché à sa limite Ouest sur 500 m de part et d'autre d'une piste.

Outre que ce défrichement a une incidence directe sur les caractéristiques hydrologiques du bassin, notamment par le biais de l'évapotranspiration, nous verrons comment il peut interférer sur les caractéristiques hydriques des sols en modifiant l'organisation des horizons supérieurs.

3 - LES TYPES DE SOLS :

Quatre toposéquences de sols, comprenant chacune 4 à 5 fosses de 2 à 4 m de profondeur, et quelques fosses isolées, ont été décrites (Fig. 2). Nous ne nous sommes penchés que sur des problèmes de morphologie (et notamment de structure) et, d'une façon très partielle en raison du nombre restreint de fosses et de leur profondeur limitée à 300-350 CM, nous avons examiné le

Carte Hypsométrique des bassins d'OTTOYOMO



- - - - - limite de la réserve forest.
 - - - - - limite des zones non défrichées
 B.V. S2. entièrement sous défriches
 sauf dans les bas-fonds
 [Symbol] Sequencia ou fosse pédologique

mode de variation latérale des organisations. Une attention particulière a été portée à l'organisation des horizons supérieurs. Les aspects analytiques et géochimiques n'ont pas été abordés. L'aspect fonctionnel sera discuté par référence aux travaux de F.X. HUMBEL (1976) et M. IKOUNGA (1977).

31 - Les sols des collines hautes.

311 - Description d'un profil type :

S 12 : A mi-versant / pente 40 % / litière discontinue / racines fines déchaussées localement / plages érodées / horizon grumeleux interrompu / 1 cm d'épaisseur.

0 - 5 CM : Humide / 7,5 YR 4/4 / brun foncé / à 7,5 YR 3/2 / brun grisâtre / sur les 3 premiers CM / taches sombres / diffuses / argilo-limoneux / structure peu nette / polyédrique subanguleuse / moyenne et grossière / volume des vides très faible / pores nombreux / très fins et fins / meuble / peu plastique / peu collant / racines fines et moyennes / dans la masse / pas de revêtements / transition distincte / régulière.

5 - 45 CM : Frais à humide / 5 YR 4/6 / rouge jaunâtre / homogène / rares nodules "plombs de chasse" / argilo-limoneux / structure nette / polyédrique / moyenne / volume des vides faible / meuble / pores nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens et grossiers / peu friable / revêtements / peu nets / diffus / mais abondants / 5 YR 4/4 / brun rougeâtre / luisants / sur faces structurales / quelques paillettes micacées / racines / fines / chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / transition régulière / diffuse.

45 - 160CM : Frais à légèrement humide / 5 YR 4/8 / rouge jaunâtre / quelques taches / 7,5 YR 5/8 / brun vif / peu contrastées / à limites peu nettes / aussi cohérentes / associées aux faces structurales et à des vides / plus contrastées et légèrement plus nombreuses vers la base / alors associées à des taches diffuses / plus rouges / 3,75 YR 4/8 / rares nodules / millimétriques / quelques graviers et cailloux / émoussés / quartzite / dure / ferruginisée / texture argilo-limoneuse / quelques paillettes micacées / structure nette / polyédrique / moyenne et grossière / cohésion moyenne / volume des vides faible / pores nombreux à peu nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens et grossiers / quelques grandes faces structurales lisses et luisantes / subverticales les plus marquées / à la base légère sous-structure polyédrique fine et facettes structurales plus nettes / peu friable / peu plastique / peu collant / revêtements diffus / mais assez abondants / 5 YR 4/6 / luisants / sur faces structurales / racines fines et chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / transition nette / ondulée.

160 - 200 CM : Frais / 3,75 YR 4/8 / rouge brunâtre / taches / 2,5 YR 4/8 / rouge / diffuses / dans la masse / taches / 7,5 YR 5/8 / brun vif / contrastées / à limites variablement nettes / associées à des vides et faces structurales / nodules abondants / la plupart inf. 5 MM / arrondis / très durs / à gradient de nombre et taille décroissants vers la base / à la partie supérieure, graviers émoussés de roche fortement ferruginisée et quartz émoussés, fragmentés, ferruginisés / argilo-limoneux / structure d'aspect massif / débit polyédrique fin / volume des vides très faible entre agrégats / légère cohésion / revêtements abondants / luisants / sur quelques faces structurales verticales / rares racines fines dans la masse / transition diffuse / régulière.

200 - 240 CM : Sensiblement idem / nodules / moins abondants / rares graviers / légèrement plus limoneux / taches centimétriques / altéromorphes / rouge sombre et vif / diffuses / peu contrastées / légèrement plus cohérentes / massives / à porosité intersticielle / ferruginisées / matrice à cohésion légèrement plus faible / porosité plus forte / revêtements moins nets / moins abondants / transition diffuse / régulière.

240 - 290 CM : Frais / 3,75 YR 4/8 / rouge / nombreuses taches / 2,5 YR 4/8 / rouges / dans la masse / diffuses / taches jaunes / associées à des vides / nombreuses / peu contrastées / taches diffuses d'altérite / de teinte hétérogène / multicentimétriques / légèrement plus cohérentes / à structure lithologique dont schistosité reconnaissable / à squelette abondant / légèrement ferruginisées à leur périphérie / alors plus argilomorphe et rouge plus vif / argilo-limoneux / nodules moins abondants / structure massive / à débit polyédrique / fin et très fin / pores très nombreux / très fins et fins / meuble / friable / revêtements peu nets / associés à des vides / quelques graviers de quartz / anguleux / légèrement ferruginisés / quelques racines fines / dans la masse / transition diffuse / interrompue.

290 - 340 CM : Frais / horizon de transition avec l'altérite / taches altéromorphes précédentes font place à poches d'altérite décimétriques / occupant 50% de l'horizon / à structure lithologique reconnaissable / hétérogènes de teinte / limites diffuses / plus cohérentes / légèrement ferruginisées / particulièrement à leur périphérie / alors plus argilomorphe et rouge plus vif / matrice meuble argilo-limoneuse / sensiblement idem précédemment / transition diffuse / régulière.

340 - 400 CM et plus : Altérite quasi continue / légèrement ferruginisée / rouge violacé et rouge vif / à structure conservée / massive / assez cohérente / à porosité intersticielle / matrice argilo-limoneuse précédente pénétrant en poches et traînées verticales ou obliques / aux limites diffuses / 5 YR 5/8 / à rares micronodules.

312 - Commentaires :

Ce profil est relativement peu épais puisque des taches d'altérite, ou à faciès altéromorphe, apparaissent dès 2 M.

Qualitativement et quantitativement le fer marque profondément la morphologie du profil : Il colore en rouge la phase meuble (5 YR pratiquement dès la surface, 2,5 YR à partir de 150 CM), et s'accumule sous forme figurée dans une phase discontinue indurée, abondante, composée de nodules argilomorphes et d'éléments grossiers de plus grande taille, résiduels de la roche-mère.

Ces éléments sont concentrés en un horizon peu profond, présentant un gradient décroissant de taille, nombre et induration des éléments grossiers vers la base des profils; parallèlement, leur faciès devient de plus en plus altéromorphe et vers la base leur continuité avec l'altérite devient évidente.

La texture se distingue par une fraction limoneuse relativement importante et des paillettes micacées, épar^{sont}ses, /ob-servées jusque dans les horizons supérieurs. D'autre part l'abondance de graviers et cailloux de quartz reflète la nature quartzitique de la roche.

La structure, polyédrique subanguleuse en surface puis polyédrique dans les horizons B, n'est nette que dans les horizons sus-jacents à l'horizon grossier. Son développement est relativement faible. Les agrégats, en majorité supérieurs à 1 CM, ne s'affinent qu'entre 100 et 150 CM (sous-structure polyédrique fine localisée). Cette phase plus fine s'étend au delà de 150 CM, mais dans des horizons grossiers, où l'assemblage des agrégats primaires devient compact (massif à débit polyédrique) avec un gradient de cohésion décroissant de haut en bas.

Les agrégats sont relativement denses (peu friables) et leur porosité est moyenne (pores nombreux).

Un réel ameublissement (structure plus fine, matériau plus poreux, meuble et friable) n'est observé que dans les horizons de transition avec l'altérite.

A ces caractères de relative compacité du matériau sont associés des modes particuliers de circulation des eaux pluviales et de pénétration du système racinaire : Circulation de l'eau

essentiellement dans les vides interpédaux (faces humides et luisantes des agrégats), certain engorgement que traduit une décoloration superficielle de quelques agrégats, chevelu racinaire souvent plaqué à la surface des agrégats denses, et essentiellement concentré dans les premiers centimètres ameublis par l'accumulation organique et la faune. Cette cohésion et fermeté du matériau limite aussi le développement des horizons humifères : épaisseur réduite (5 CM) et phase grumeleuse peu développée.

Ce sol, sous forêt, donc protégé, paraît cependant sensible au lessivage : Revêtements abondants observés dans presque tout le solum (cf. ci-dessous).

313 - Variations latérales : (cf. profils S 11, S 13, S 14 en annexe)

L'organisation du matériau pédologique ne présente que de faibles variations latérales. Ces dernières se manifestent essentiellement au niveau de l'épaisseur des horizons et de la progressivité de leurs transitions. D'où le choix d'un profil-type situé à mi-pente où tous les horizons sont bien représentés.

En haut de pente (S 11) l'horizon grossier, rouge, apparaît superficiellement (20 CM). Il présente une forte concentration d'éléments ferruginisés à sa partie supérieure : nodules, fragments de roche ferruginisée, et graviers-cailloux de quartz à imprégnation ferrugineuse. Corrélativement le profil est moins épais (taches d'altérite à 130 CM), la compacité du matériau apparaît à faible profondeur, d'où une circulation de l'eau, un développement des horizons humifères et une pénétration racinaire rendus plus difficiles.

(S 13)

Vers le bas de pente, une légère décoloration et un lessivage plus prononcé affectent les 10 CM supérieurs. Corrélativement les revêtements sont plus abondants et nets dans les horizons inférieurs. Les éléments grossiers sont nettement moins abondants et le contraste entre horizon grossier et horizons meubles sus-jacents s'estompe, en même temps que les limites deviennent plus progressives. A la rupture de pente (S 14) l'altérite meuble, peu épaisse, inclut en son sein une phase grossière cohérente à fragments de roche plus ou moins ferruginisés.

314 - Les effets de la mise en culture :

Au voisinage de la case forestière un sol anciennement cultivé a été observé sur un léger replat de versant :

S 15 : Fosse isolée sur replat de versant de la même unité de modelé / site perturbé : Ancienne jachère.

0 - 10/20 CM : Humide / 7,5 YR 4/4 / brun foncé / nombreuses taches / 10 YR 4/3-3/3 / étendues / associées aux faces structurales et liées à l'activité biologique / irrégulières ou en traînées verticales / de dimensions hétérogènes / à limites nettes / très contrastées / moins cohérentes / pénétrant les agrégats à leur périphérie / ou formant de nombreux revêtements organo-argileux / luisants / argilo-sableux / structure généralisée très nette / hétérogène de taille / polyédrique subanguleuse / 2-7 CM / plus gros agrégats à sous-structure localisée / volume des vides assez important entre agrégats / meuble / fentes 1-2 MM / distantes de 20-30 CM / pores tubulaires peu nombreux / à localement nombreux / très fins et fins / vacuoles / vésicules / peu plastique / peu collant / activité très forte / charbon de bois / argile cuite / nombreuses racines / fines / chevelu dense / préférentiellement associés aux faces des agrégats / transition distincte à localement nette / irrégulière.

10/20 - 45 CM : Humide / 7,5 YR 5/6 / brun vif / très nombreuses taches / et/ou revêtements organo-argileux / liés aux faces des unités structurales / notamment verticales / et associés aux vides / 7,5 YR 4/4-5/4 / brun / hétérogénéité dans les dimensions / à limites nettes / très contrastées / luisantes / autres taches / 10 YR 3/3 / brun foncé / associées à des macrovides et volumes pédoturbés / argileux / structure très nette / polyédrique subanguleuse et prismatique / 4-6 x 6-12 / sous-structure localisée et structure associée / polyédrique subanguleuse et polyédrique nette / volume des vides assez important / meuble en humide / cohérent en sec / fentes prolongeant les précédentes / pores nombreux / très fins et fins / tubulaires / quelques pores grossiers / vacuoles / peu friable (non friable en sec) / racines fines et chevelu / sur les faces structurales / forte activité / transition diffuse / régulière.

45 - 110 CM : Frais / 7,5 YR 5/8 / brun vif / nombreuses taches et revêtements / luisants / 7,5 YR 5/4 / brun / en traînées verticales / liées aux faces structurales et associées aux vides / limites très nettes / contrastées / argileux / structure nette / prismatique / 2-5 x 5-10 CM / associée à une structure très nette / polyédrique / 1-4 CM / prismes à sous-structure localisée polyédrique fine et moyenne / volume des vides faible / nombreux vides verticaux visibles / fentes / 1MM de largeur / distantes de 40 CM / fortement revêtues / cohérent / peu à non friable / pores nombreux / très fins et fins / tubulaires / racines fines / chevelu / revêtant les faces des agrégats et les fissures / auréoles de décoloration et franges rouges autour de macrovides tubulaires / transition diffuse / régulière.

110 - 190 CM : Frais / 6,25 YR 5/8 / taches idem / quelques taches / 2 % / 10 YR 6/8 / et auréoles brunâtres associées / régulières / Inf. 1 CM / associées à des vides ou volumes plus fermes / revêtements / minces / mais contrastés / argileux / nodules ferrugineux / arrondis / peu abondants / 1-2MM / structure peu nette à localement nette / polyédrique / les plus gros agrégats à allongement vertical préférentiel / 3-8 CM / volume des vides très faible / faces des agrégats très grumeleuses / cohérent / pores nombreux à très nombreux / très fins et fins / tubulaires / peu à non friable / quelques racines / fines / dans la masse / chevelu / activité moyenne / transition **graduelle** / ondulée.

190 - 250 CM : **Horizon nodulaire** / frais / 4 phases associées / 1 phase nodulaire / nodules très abondants / très durs / 7,5 YR 3/2 / homogènes / 2-4 MM / 1 phase rouge / 2,5 YR 4/8 / en réseau lâche / 30-40 % / à limites nettes / peu contrasté / peu poreux / tubulaire / devenant rouge plus vif / 10 R 4/8 / puis sombre et indurée, 10 R 3/6 sur 1 à 3 MM en bordure / volumes tubulaires / subverticaux / remplis d'argile jaunâtre / pénétrés par système racinaire / débit polyédrique fin et très fin / peu friable / 1 phase brune / en réseau lâche / 6,25 YR 4/8 / 30 % / plus poreuse et plus friable / 1 phase altéritique / poches d'altérite / à squelette grossier / et blocs de roche (quartzite) / peu altérés / plus ou moins ferruginisés / ensemble de cohésion moyenne / quelques racines fines pénétrant les phases les plus meubles.

Il est incontestable qu'à une mise en culture, probablement ancienne et répétée (l'installation de cette base des Eaux et Forêts date de plus de 30 ans), correspond une profonde modification de la morphologie des horizons supérieurs. Notons cependant que la position de ce profil sur un léger replat de versant doit faciliter ces transformations, une pente plus faible impliquant un drainage plus réduit, facteur favorable à une dégradation des structures.

On notera particulièrement dans ce profil :

- Une décoloration des horizons supérieurs sur 100 CM.
- Une dégradation structurale : Structure polyédrique grossière, voire prismatique; agrégats denses, durs en sec, peu poreux; forte cohésion interagrégats.
- Un lessivage prononcé : Marqué à la périphérie des agrégats des 20 premiers CM, et se traduisant par la présence d'abondants revêtements organo-argileux sur les faces structurales jusqu'à plus de 200 CM.

A cette "prise en masse" du matériau pédologique correspondent de profondes modifications des propriétés physiques et mécaniques, et du comportement hydrique du sol :

- Porosité faunique grossière, l'action biologique étant concentrée en quelques volumes plus friables; porosité de fentes, caractéristique du comportement d'un matériau (plus) massif aux alternances des cycles d'humectation-dessèchement.
- Ces types de porosité, associés à une porosité interne réduite des agrégats, induisent une pénétration hétérogène des eaux pluviales (circulation rapide dans des vides grossiers, coeur des agrégats plus sec que leur périphérie) et probablement un régime hydrique contrasté (forte variation annuelle de l'humidité), contraste accentué par l'élimination d'un écran forestier "tampon".
- Racines fortement concentrées dans les vides et revêtant les agrégats du fait de cette répartition hétérogène de l'humidité, de la dureté des agrégats, et peut-être d'une concentration des substances nutritives dans les revêtements organo-argileux (SOILEAU et al., 1964; KHALIFA et BUOL, 1969; HELL et BUNTLEY, 1965).

32 - Les sols des modelés convexes :

Nous ferons la différence entre un modelé convexe à bas de pente abrupt, à dénivelée variable, ^{et} un modelé convexe à bas de pente concave. En première approximation les sols de ces sous-types de modelé se différencient au niveau de la couleur.

Nous verrons que ces variations de couleur sont en fait associées à tout ^{un} ensemble de modifications dans l'organisation des constituants.

321 - Séquence S 3 sous forêt.

3211 - Les sols brun-jaune d'amont :

a - Description d'un profil-type :

S 31 : Sommet d'interfluve formant replat de versant adossé à colline haute / forêt / litière continue / horizon

grumeleux, 1 CM, superficiel.

0 - 10 CM : Frais / 6,25 YR 5/4 / humide / nombreuses taches / 7,5 YR 4/4 / brunes / associées aux faces des unités structurales / alors luisantes / ou dans la masse / peu contrastées / à limites peu nettes / moins cohérentes / autres taches / plus sombres / liées à l'activité biologique / argilo-peu sableux / structure nette / polyédrique subanguleuse / 0,5-2 CM / associée à une structure grumeleuse fine et très fine / volume des vides faible entre agrégats / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens / vacuoles / très friable et friable / très forte activité / transition nette / ondulée.

10 - 25 CM : Peu différent / 10 YR 5/6 / brun jaunâtre / taches plus diffuses / agrégats essentiellement polyédriques subanguleux 1-3 CM / léger accroissement de consistance / très poreux / nombreuses racines / fines à grossières / chevelu dense / dans la masse / transition graduelle / régulière.

25 - 60 CM : Frais / 5 YR 4/6 / rouge jaunâtre / assez homogène / taches et/ou revêtements diffus / luisants / 7,5 YR 5/4 / brun / liées aux faces structurales / à limites peu nettes / peu contrastés / ou associés aux vides / contrastés / argileux / structure nette / polyédrique / 2-5 CM / à sous-structure polyédrique fine localisée / volume des vides faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens / friable / quelques agrégats plus grossiers, peu friables / racines fines / chevelu / dans la masse / transition diffuse / régulière.

60 - 100 CM : Frais / 5 YR 4/8 / rouge jaunâtre / taches diffuses / peu nettes / idem précédemment / liées aux faces structurales ou associées aux vides / argileux / structure nette / polyédrique / 2-6 CM / allongement subvertical / sous-structure polyédrique fine et moyenne / volume des vides très faible / meuble / pores très nombreux / noyaux argileux denses / légèrement émoussés / 0,5-2 CM / à limites peu nettes / peu friable à friable / racines fines dans la masse / forte activité / termites / transition diffuse / régulière.

100 - 170 CM : Frais / 5 YR 4/8 / rouge jaunâtre / taches très diffuses / peu abondantes / idem / structure peu nette / polyédrique / hétérogène / 1-4 CM / légère hétérogénéité par séparation en 2 phases / l'une polyédrique à faces structurales marquées et planes, la moins poreuse, peu friable / l'autre à tendance microgrenue, à structure polyédrique fine, très poreuse / volume des vides très faible / meuble / quelques racines fines / dans la masse / termites / transition diffuse / régulière.

170 - 290 CM : Frais / 5 YR 4/8 - 3,75 YR 4/8 / peu différent / renforcement modéré du contraste entre 2 phases précédentes / phase polyédrique fine et microgrenue, très meuble, très poreuse, très friable / phase ferme, polyédrique moyenne, incluant noyaux argileux denses subanguleux, peu friable, peu poreuse, à quelques faces structurales marquées / limites peu nettes entre 2 phases / quelques nodules ferrugineux, à la base, arrondis, inf. 5 MM, très durs / quelques racines fines / dans la masse.

b - Commentaires :

Dans ce profil épais, on n'observe, contrairement aux profils précédents, aucune phase altéritique ni trace de minéraux primaires sur plusieurs mètres. Cette altération complète des minéraux sera la règle pour tous les sols suivants, exception faite de quelques sols peu épais de bas de pente.

Ce profil, probablement un des plus haut sur modelé convexe, est brun dès la surface. Il devient rouge en profondeur (220 CM), presque exclusivement au niveau d'une phase ferme à structure polyédrique développée.

Dans ce sol sous forêt, la matière organique, très évoluée, influence fortement la morphologie d'un horizon humifère de 10 CM : Teinte sombre et surtout structure grumeleuse nette, forte porosité structurale, friabilité du matériau et intense activité biologique. Cet effet direct ou indirect des matières humiques sur les caractéristiques structurales (agrégats émoussés, forte porosité, ameublissement) est encore nettement perceptible à 25 CM.

Les horizons supérieurs de ce sol argileux sont appauvris en argile. Ce lessivage, règle générale sur tout le bassin, est cependant le plus faible sur ce sol brun sous forêt. L'abondance et la netteté des argilanes notés dans les horizons sous-jacents, et l'épaisseur du profil qu'ils affectent, ^{sont} ~~fonctions~~ ^{de} l'intensité de ce processus : Peu abondants, peu nets, peu profonds dans ce profil, ils traduisent alors un lessivage modéré.

Sous les horizons d'accumulation organique (de 25 à 100 CM) la structure devient polyédrique. Moyenne à grossière généralisée, à agrégats souvent peu friables, à assemblage plus compact, incluant des agrégats grossiers ou des volumes diffus, plus denses, peu poreux et plus secs, cette structure témoigne d'un accroissement de la compacité du matériau et d'une diminution de porosité à ce niveau. L'allongement subvertical de nombre d'agrégats, présentant alors des faces verticales plus marquées, sur lesquelles se concentrent essentiellement les argilanes, rend compte d'une certaine hétérogénéité de comportement du matériau vis-à-vis des phénomènes d'alternance d'humectation

et dessèchement. Toujours présents, ces horizons "de consistance" sont cependant peu contrastés dans ce profil : Ils restent assez meubles, leur porosité tubulaire est forte, une sous-structure polyédrique fine se développe localement, et les limites avec les horizons encaissants sont progressives.

Au delà de 100 CM la structure devient progressivement plus fine, polyédrique fine et très fine puis microgrenue, mais il subsiste toujours une phase polyédrique moyenne nette. En outre la structure microgrenue, donc localisée, est relativement peu différenciée (par comparaison à des sols rouges du "plateau" de Yaoundé). Si à cet affinement de la structure correspond un ameublissement général des horizons, un accroissement sensible de leurs porosité et perméabilité, il n'en reste pas moins que l'association de ces 2 phases introduit des hétérogénéités : Phase polyédrique moyenne à faces structurales planes et lisses, voire luisantes, plus ferme, moins poreuse (porosité inter et intra agrégats), plus compacte que la phase polyédrique fine et microgrenue aux agrégats peu nets. En outre le contraste entre ces 2 phases structurales s'affirme progressivement de haut en bas des profils : La phase polyédrique moyenne devient progressivement plus abondante, sa structure plus grossière, sa compacité et la dureté de ses agrégats plus fortes; en son sein apparaissent des "noyaux argileux" denses, peu poreux. La structure microgrenue se développe dans la phase fine. Les limites entre les 2 phases, toujours peu nettes, tendent parallèlement à s'affirmer. La phase la plus ferme apparaît d'autre part légèrement plus rouge (3,75 YR) que la phase microstructurée (5 YR).

Ces horizons les plus finement structurés ne comportent aucun revêtement (apparents) et les rares faces luisantes ne sont observées qu'au niveau de la phase polyédrique moyenne.

L'accroissement de compacité-dureté constaté au niveau de certains horizons ou phases n'influence guère, à l'inverse des profils précédents, ^{sur} la pénétration racinaire : Cette pénétration reste assez homogène dans la masse du profil.

Enfin de rares éléments ferrugineux, arrondis, petits et durs, n'apparaissent qu'en profondeur, dans les horizons les plus rouges, dont la phase dense est la plus développée.

3212 - Les sols ocres de mi-pente et tiers inférieur de pente :

Deux profils, déjà examinés par HUMBEL (1976) ont été décrits. Nous ne reproduirons dans ce texte que la description d'un profil du tiers inférieur de pente, S 33, le plus contrasté de ces deux profils (la description de S 32, à mi-pente, est reproduite en annexe).

a - Description d'un profil-type :

S 33 : Tiers inférieur de pente / pente 5 % / sous défriche de 4 ans.

0 - 10 CM : Frais / 7,5 YR 3/2 / brun foncé / taches / 7,5YR 4/4 / brun / associées aux agrégats les plus grossiers de la base / dans leur masse / matière organique directement décelable sur 1 CM supérieur / puis non directement décelable / argilo-sableux / quelques sables déliés blanchis / à la surface des agrégats / structure très nette / grumeleuse / fine et grossière / volume des vides important / très meuble / très poreux / très friable / quelques agrégats plus vifs / friables / chevelu très dense / nombreuses racines / fines / dans la masse / assurant la cohésion sur 2 CM supérieurs / activité très forte / nids / terriers / transition distincte / ondulée / invaginations de cet horizon dans horizon sous-jacent.

10 - 40 CM : Frais / 7,5 YR 5/6 / brun vif / taches / 7,5YR 4/4-3/2 / brun foncé / associées à des vides et liées à l'activité biologique / contrastées / à limites nettes / irrégulières ou tubulaires / argileux / structure très nette / polyédrique moyenne et fine / abondants microagrégats fauniques / volume des vides localement assez important / meuble à très meuble / pores très nombreux / très fins et fins / pores moyens et grossiers / friable / faces luisantes et/ou revêtements diffus / 7,5 YR 5/4 / sur faces structurales verticales / chevelu dense / nombreuses racines / fines / dans la masse de l'horizon / très forte activité / transition diffuse / régulière.

40 - 110 CM : Frais / 7,5 YR 5/6-5/8 / brun vif / quelques taches / idem précédemment / quelques autres taches / rougeâtres / diffuses / vers la base / argileux / structure nette à localement très nette / polyédrique / fine / faces structurales souvent très marquées / faces structurales verticales, lisses et luisantes, inf. 1 CM / volumes pédoturbés microstructurés / quelques volumes plus fermes / polyédrique moyen / à agrégats parfois rougeâtres / moins poreux / à faces structurales planes et luisantes / volume des vides faible / meuble à très meuble / pores très nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens / friable / légère hétérogénéité de consistance /

revêtements peu nets / diffus / luisants / 7,5 YR 5/6 / sur faces des agrégats / chevelu / racines / fines / pénétrant la masse de l'horizon et contournant certains agrégats / transition diffuse / régulière.

110 - 160 CM : Frais / 7,5 YR 5/8 / brun vif / quelques taches en haut à taches en bas / 6,25 à 2,5 YR 5/8 / rouges / irrégulièrement réparties / dans la phase dense / inf. 2 CM / peu contrastées / plus cohérentes / peu poreuses / à faces structurales planes et luisantes / quelques taches jaunâtres associées / limites peu nettes à localement nettes / irrégulières à émoussées (noyaux argileux) / argileux / structure nette / polyédrique / fine et moyenne / microstructure variablement développée / absente dans la phase ferme tachée / volume des vides très faible / meuble / à peine plus cohérent que précédemment / pores très nombreux / très fins et fins / légère hétérogénéité de répartition suivant phases / friable à peu friable (noyaux) / faces luisantes peu abondantes / sur faces verticales de la phase ferme notamment / rares revêtements diffus / chevelu / racines fines / dans la masse / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

160 - 220 CM : Sensiblement idem / contraste s'accroît légèrement entre phase ferme tachée, qui devient progressivement plus abondante, et phase meuble dont la microstructure se développe légèrement / limites entre 2 phases plus fréquemment nettes / faces planes et luisantes plus nombreuses / pratiquement limitées à la phase dense / cette dernière peu poreuse / quelques racines fines et chevelu pénétrant préférentiellement la phase meuble / transition diffuse / régulière.

220 - 260 CM : Frais / 5 YR 5/8 à 3,75 YR 4/8 / brun rougeâtre / très nombreuses taches / 7,5 YR 5/8 / phase dense / 20 % / 2,5 YR 4/6 / rouge / à taches / 10 YR 6/8 / jaunes / préférentiellement liées aux faces structurales / contrastées / peu à non friable / limites assez nettes et fréquemment émoussées (noyaux) / à structure nette / polyédrique moyenne et fine / quelques faces structurales verticales marquées (allongement subvertical de la structure) / faces structurales planes et lisses / légèrement cohérent / limites diffuses entre phase 5 YR et taches 7,5 YR / cette dernière à structure polyédrique fine et microgrenue / meuble / très poreuse / racines fines et chevelu pénétrant préférentiellement cette phase / transition graduelle / régulière.

260 - 350 et plus : Progressivement la phase dense envahit l'ensemble de l'horizon en formant une trame continue / 90 % à la base / 2,5 YR 4/6 / à taches / 15 % / associées aux faces structurales et aux vides / peu poreuse / structure polyédrique moyenne à localement grossière / peu à non friable / sous-structure fine / faces structurales planes et luisantes / subverticales les plus nettes / limites peu nettes à nettes, alors souvent émoussées, avec phase meuble précédente / ébauches nodulaires et noyaux argileux émoussés / denses / quelques nodules / rouge sombre / très durs / quelques racines / fines / dans la phase meuble.

b - Commentaires : (sur S 32 et S 33)

On constate une variation latérale et progressive des caractéristiques morphologiques au profil qui se traduit par un contraste de plus en plus marqué, de l'amont vers l'aval, des profils entre eux, des horizons d'un même profil, et des phases au niveau de chaque horizon.

Les horizons humifères sont moins marqués. Probablement sans doute parce que ces sols sont sous défriche mais aussi parce que le matériau, plus dense et compact offre plus de résistance à l'emprise de la matière organique. Le lessivage, progressivement plus marqué n'est cependant pas un facteur suffisant d'ameublissement. Associée aux structures grumeleuses précédentes, une structure polyédrique subanguleuse moyenne apparaît. Ses agrégats plus minéraux, sont moins poreux, ^{plus} denses, certains même franchement durs et plus secs que la moyenne de l'horizon. Néanmoins ces horizons restent meubles, très poreux, fortement pédoturbés.

Mais si les matières organiques ne façonnent pas homogènement la morphologie des horizons humifères, les matières humiques semblent pénétrer plus profondément les profils, ou en tout cas colorent plus nettement les faces structurales des horizons sous-jacents, particulièrement au niveau de fissures verticales. Ce fait témoigne d'une pénétration plus hétérogène de ces matières humiques en profondeur, en relation avec le mode de structuration des horizons de consistance.

Preuve que le lessivage est plus prononcé, la texture des horizons humifères est légèrement plus sableuse, les revêtements argileux sont plus abondants, plus nets, plus profonds. Ces revêtements, gris-brunâtres, sont le fait d'une migration simultanée des matières humiques et de l'argile (organo-argilanes). Des revêtements sableux discrets sur les faces des agrégats denses des horizons humifères témoignent de l'attaque superficielle de ces derniers par les eaux pluviales.

Ces profils sont de plus en plus jaunes de l'amont vers l'aval. Cette décoloration relative s'étend progressivement des horizons supérieurs vers les B profonds. Parallèlement, une

phase brun rouge puis rouge (5 YR à 2,5 YR), ferme puis indurée (cf. ci-dessous), "remonte" dans les profils; peu abondante et discontinue dans leur partie moyenne, elle est quasi exclusive et continue à leur base. Corrélativement à ces 2 processus, la phase et les horizons bruns et friables s'amenuisent en S 32 (de 200 à 260 CM), pour ne plus apparaître que discontinus en S 33.

Le contraste des horizons de consistance s'accroît légèrement mais de façon hétérogène, en même temps que ces horizons tendent à s'épaissir : Une sur-structure polyédrique grossière à très grossière apparaît localisée à leur partie supérieure; les volumes et agrégats denses, compacts, moins poreux sont plus nombreux; les faces structurales lisses et luisantes sont plus abondantes; une légère fissuration verticale est notée. Ces horizons, toujours considérés comme meubles et poreux, ont donc évolué dans le sens d'un accroissement de leur compacité-dureté et d'une diminution parallèle de leur porosité. Notons vers le bas de pente (S 33) que les volumes les plus denses, parfois légèrement plus rouges, annoncent la phase rouge et ferme des horizons profonds.

Au-delà de 110-120 CM les horizons B sont donc constitués de 2 phases associées, dont le contraste, nettement plus accentué que dans le profil amont, croît de l'amont vers l'aval de la séquence et du haut vers le bas des profils.

. L'une est dense, à structure polyédrique nette, moyenne et fine. Exclusivement situées dans cette phase, les faces structurales planes, lisses et luisantes sont plus abondantes que dans la phase simulacraire du profil amont. Apparaissant par taches isolées, irrégulièrement réparties et de taille centimétrique vers 120 CM, cette phase forme plus bas un réseau lâche par anastomose partielle de ces taches qui prennent des dimensions multicentimétriques, puis un réseau continu qui finit par occuper 90 % de l'horizon. Parallèlement la matrice devient de plus en plus rouge : Partiellement brun-rouge en haut, totalement rouge (2,5 YR) en bas. A cette coloration

correspond un accroissement de la dureté des agrégats (peu friables puis non friables), puis, vers la base, une véritable induration témoin d'une incontestable ferritisation du matériau. La cohésion de cette phase s'accroît aussi (meuble en haut à cohérent en bas), tandis que sa porosité diminue (très peu poreux en bas). La structure polyédrique subsiste tant que la matrice reste uniformément argileuse; mais elle s'estompe quand croît la ferritisation nette en haut elle est plutôt signalée par un "débit" en bas, et ses agrégats présentent un allongement subvertical progressif. Du fait probablement de la faible porosité de ce matériau et de son extension progressive vers la base, donc, corrélativement, de la diminution du drainage interne qu'il impose, des taches de décoloration, de plus en plus nombreuses et contrastées vers la base, (7,5 YR 5/8 à 10 YR 7/8) apparaissent, liés aux faces structurales et exclusivement limitées à cette phase. Plus poreuses et friables que le coeur des agrégats elles correspondent à une déferritisation de ces derniers. Au sein de cette phase on observe des volumes diffus, de 1-2 CM, plus durs, très peu poreux, qui s'individualisent nettement quand ils sont situés à proximité de la phase microgranuleuse, en formant alors de véritables "noyaux argileux" durs quand cette dernière les isole. Alors émoussés, ils paraissent l'objet d'une dégradation superficielle. Au-delà de 250 CM des "formes nodulaires", rouge plus sombre, arrondies apparaissent au sein même du réseau ferritisé. Elles semblent correspondre à un matériau moins évolué, proche d'un altéroplasma. Les plus grandes de la base présentent un coeur plus friable.

. L'autre phase est par contre plus finement structurée que la phase correspondante du profil amont. A une microstructure plus développée, ou à un assemblage plus lâche entre agrégats, correspond une porosité plus forte et une friabilité (qui se réfère en fait à l'assemblage) plus grande. Cette phase, encore abondante entre 120 et 300 CM, se limite à des volumes tubulaires ou vacuolaires dès que la phase ferritisée devient continue.

Les limites entre ces 2 phases sont peu nettes en haut. On pourrait alors décrire une phase intergrade, diffusément tachée, à microstructure ébauchée et sur-structure polyédrique moyenne. Cette dernière disparaît progressivement au-delà de 200 CM en même temps que le contraste entre phases dense et microstructurée s'accroît et que leurs limites deviennent nettes et légèrement émoussées puis très nettes et contournées.

Il est évident que le comportement d'ensemble du matériau pédologique est dominé par celui de la phase microstructurée en haut puis progressivement par celui de la phase ferritifiée en bas : D'où les variations verticales de compacité, porosité, cohésion, enregistrées à l'échelle de l'horizon.

A cette hétérogénéité des phases au niveau des différents horizons, à la dureté relative de certains agrégats, ou la compacité de certaines phases et horizons, correspond cette fois une pénétration racinaire et une circulation des eaux pluviales légèrement plus hétérogènes que précédemment : Agrégats denses de l'horizon humifère peu pénétrés par les racines; racines contournant partiellement les agrégats des horizons de consistance (donc concentrées dans des vides), et pénétrant préférentiellement, puis exclusivement, la phase microstructurée des horizons sous-jacents; abondances de faces luisantes dans les phases denses, traduisant une circulation préférentielle des eaux pluviales dans les vides inter-agrégats.

De même l'activité biologique semble gênée au niveau des phases fermes : Elle a alors tendance à être plus localisée, concentrée dans des volumes alors très fortement pédoturbés, grumeleux et sombres en haut, microgrenus à assemblage très lâche en bas.

Notons enfin que des nodules ferrugineux durs, arrondis et de petite taille, observés uniquement en profondeur dans le profil amont, sont notés plus fréquemment et plus haut dans ces profils, avec cependant des différences sensibles entre les 2 profils S 32 et S 33.

3213 - Les sols jaunes de la rupture de pente.

a - Description d'un profil-type :

S 34 : Rupture de pente / pente 30 % / à 20 M du bas fond / sous défriche de 4 ans / en surface horizon grumeleux, gris sombre, moins de 1 CM, discontinu / quelques racines déchaussées.

0 - 10 CM : Frais / 10 YR 5/6 / brun-jaunâtre / taches plus sombres / diffuses / liées à l'activité biologique / argilo-peu sableux / structure nette / polyédrique subanguleuse / moyenne et grossière / volume des vides assez important dans 5 CM supérieurs / puis faible entre agrégats / pores nombreux / très fins à moyens / meuble / friable à peu friable / revêtements / peu nets / luisants / sur faces des agrégats / chevelu dense / racines / fines et moyennes / dans la masse / transition graduelle / ondulée.

10 - 50 CM : Frais à humide / 10 YR 5/6 / taches idem / argileux / avec sables grossiers / structure nette / polyédrique moyenne / faces structurales granuleuses / sous-structure polyédrique fine / facettes structurales marquées / volume des vides faible à assez important entre agrégats / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / friable à peu friable / revêtements diffus / luisants / 10 YR 5/4 / sur faces structurales / racines / fines et moyennes / chevelu dense / pénétrant et contournant les agrégats / transition diffuse / régulière.

50 - 90 CM : Frais / 10 YR 5/8 / brun-jaunâtre / quelques taches / 7,5-5 YR 5/8 / rouge-jaunâtre / et taches associées / 10 YR 6-7/8 / en périphérie / irrégulières / peu contrastées / à limites peu nettes / inf. 1 CM / aussi cohérentes / quelques nodules / durs / inf. 1 CM / patinés / rouge très sombre / argileux / structure nette / polyédrique / moyenne et grossière / sous-structure polyédrique fine localisée / facettes structurales anguleuses / souvent luisantes / meuble / pores nombreux / très fins et fins / peu friable à friable / revêtements diffus / 10 YR 5/6 / sur faces structurales / les plus nets sur fissures subverticales / racines fines / chevelu / contournant et pénétrant les agrégats / activité forte / transition diffuse / régulière.

90 - 180 CM : Frais / 10 YR 5/8 / brun-jaunâtre / nombreuses taches / 7,5 YR 4/8 / et taches / 10 YR 6-7/8 / jaune-brunâtre / associées / ces taches peu contrastées / à limites peu nettes / légèrement moins poreuses / plus cohérentes / autres taches 10 YR 4/4 / brun-jaunâtre foncé / centimétriques / irrégulières / contrastées / à limites nettes / moins cohérentes / liées à l'activité biologique / nodules / irréguliers et émoussés / jusque 2 CM / très durs / rouge-sombre / quelques graviers / quartz / émoussés / épars / argileux / structure nette / polyédrique / moyenne et grossière / volume des vides faible / meuble à légèrement cohérent / pores nombreux / tubulaires / très fins à moyens / quelques pores grossiers / légère hétérogénéité de porosité et consistance / faces luisantes / nettes / et/ou revêtements / 10 YR 5/4 / sur

faces verticales des agrégats / racines fines et chevelu / contournant préférentiellement les agrégats / quelques faces millimétriques noirâtres / sur faces des agrégats / très forte activité / transition distincte / ondulée.

180 - 250 CM : Horizon pariolé / 7,5 YR 5/8 / à très nombreuses taches / 10 YR 6/8 / peu contrastées / à limites peu nettes / aussi cohérentes / nodules et fragments cuirassés / très abondants / arrondis et irréguliers émoussés / jusque 4 CM / variablement durs / à gradient de taille croissant, nombre et dureté décroissant, vers la base / rouge-sombre et argilomorphes en haut / rouge plus vif, 10 R 4/8, et de plus en plus altéromorphes vers la base / argileux / débit polyédrique fin et moyen / très aisé / volume des vides faible / poreux / faces luisantes / rares revêtements / quelques racines fines / transition diffuse / régulière.

250 - 300 CM : Décoloration progressive de la matrice argileuse / avec taches ocres de plus en plus contrastées et à limites nettes / nodules durs en nombre et taille décroissants / nodules tendres au faciès altéromorphe plus prononcé / en continuité verticale avec taches d'altérite peu ferruginisées / quartz plus abondants au-dessus de nappe à 3 M.

b - Commentaires :

Le sol ~~de~~ ~~bas~~ de pente a donc une épaisseur réduite puisque des fragments d'altérite, ferruginisés, sont rencontrés dès 200 CM.

Il est jaune sur 2 M puis ocre. Les phases brunes et rouges plus denses ou ferritisées précédentes ne figurent plus que sous forme de taches ocres peu contrastées, légèrement plus cohérentes et à peine moins poreuses.

Si la structure reste nette elle est cependant plus grossière : Une sous-structure polyédrique fine, localisée, n'est observée que dans les 100 CM supérieurs. Aucune structure microgrenue n'est notée, exception faite des volumes sombres fortement pédoturbés par la faune. La taille des agrégats croît graduellement de haut en bas. La compacité des horizons et la consistance des agrégats, plus fortes que dans les profils précédents à profondeur équivalente, augmentent dans le même sens. Ce sol est donc plus homogène du point de vue de ces caractéristiques, au niveau de chaque horizon et à l'échelle du profil : Le contraste de phase ayant disparu, l'horizon que nous avons convenu d'appeler horizon de consistance par référence aux B microstructurés sous-jacents, surmonte ici directement des horizons presque homogènes ^{et} / presque aussi compacts et

denses.

A cette "prise en masse" du matériau pédologique correspond une baisse de porosité intra et inter-agrégats. Les eaux pluviales comme le système racinaire sont contraints alors de circuler dans les vides structuraux. D'où l'abondance de faces structurales luisantes, recouvertes d'un film d'eau en humide, et de radicelles plaquées à la surface des agrégats.

La structuration relativement grossière de ce sol, la compacité de ses horizons ou la fermeté de ses agrégats, imposent incontestablement un ralentissement de la circulation des solutions dont sont témoins les taches jaune-pâle de décoloration associées aux phases les plus denses entre 50 et 200 CM. Au-delà cette décoloration s'accroît puis se généralise en même temps qu'apparaissent des taches ocres aux limites nettes : Au drainage interne^{rendu}/déficient par les caractéristiques intrinsèques du matériau se substitue progressivement un engorgement temporaire dans la frange capillaire surmontant la nappe phréatique.

Bien que l'horizon humifère paraisse peu appauvri, du fait probablement d'une ablation superficielle, les revêtements grisâtres (organo-argilanes) observés sur les faces verticales des peds jusqu'à plus de 2 M témoignent d'un lessivage intense et profond de ce sol.

Si des nodules ferrugineux, arrondis et de diamètre inférieur à 1 CM, sont notés dès 50 CM, un véritable horizon grossier n'est observé qu'à partir de 180 CM. Les gradients de nombre et de dureté décroissants de haut en bas, le gradient de taille croissant dans le même sens, la forme de plus en plus irrégulière et le faciès de plus en plus altéromorphe de ces éléments grossiers, sont significatifs de l'induration (classique) d'un altéropasma, dans un horizon intermédiaire entre l'altérite et les B meubles structurés. Croissante en intensité et en extension de bas en haut, cette induration est fonction de l'évolution du matériau originel mais cesse dès que les produits de mésosynthèse s'associent pour donner des organisations strictement pédologiques. La forte individualisation des éléments

grossiers et leur émoussé à la partie supérieure, la limite supérieure nette de l'horizon grossier, sont probablement liés (au moins partiellement) à l'ancienneté de cette accumulation discontinue, actuellement placée dans des conditions de défer-ruginisation dans un milieu réducteur.

322 - Autres séquences sous défriche :

Ayant décrit d'une manière détaillée les profils, horizons et phases de la séquence précédente, nous nous contenterons pour les 2 séquences suivantes de relever les principales caractéristiques des organisations verticales et latérales en insistant sur les corrélations qui semblent pouvoir être établies entre certains caractères, tant dans leur développement que dans leur répartition spatiale. Comme ces deux séquences sont situées sous défriches, nous examinerons également l'interférence de la mise en culture sur la morphologie des horizons supérieurs. Quelques profils remarquables seront décrits dans le texte, les autres figurent en annexe.

3221 - Séquence S 4 à aval concave :

Cette séquence se situe au Sud-Ouest du bassin. De longueur et dénivelée proches de celles de la séquence précédente, elle présente par contre un profil en long moins convexe et se raccorde à un bas-fond large et plat, hydromorphe, à raphiales, par un bas de versant concave.

32211 - La partie convexe :

Epais, les sols présentent toujours, dès le tiers supérieur de pente, un "jaunissement" de la partie supérieure du profil d'autant plus profond que l'on se rapproche du bas de pente. Par contre, le profil d'amont est ocre (7,5 YR) jusqu'à 190 CM, donc plus profondément décoloré que le profil du tiers inférieur de pente. Plus qu'un événement fortuit, ce phénomène, déjà observé ailleurs (J.P. MULLER, F.X. HUMBEL, 1977; et à paraître), serait plutôt le fait d'une certaine périodicité dans la variation latérale des organisations : Les phénomènes pédologiques présenteraient le long de la séquence, une succession de "temps forts" et de "temps faibles", de telle sorte que les caractéristiques des différentes organisations, au lieu de varier latéralement d'une manière continue, se trouvent

alternativement accentuées puis atténuées dans leur expression, et que les limites de ces organisations ondulent latéralement. Donc à une organisation de premier ordre qui traduit l'équilibre général des sols le long de la pente (sols bruns d'amont puis jaunes d'aval, faible induration d'amont puis carapace de bas de pente, par exemple), se surimposerait des organisations de deuxième ordre, plus complexes, traduisant, à l'intérieur des "compartiments" de 1er ordre, des variations latérales périodiques des processus pédogénétiques.

Cette interprétation, nous le rappelons, étayée par des observations plus serrées effectuées ailleurs (J.P. MULLER, 1974, toposéquences étudiées depuis dans le détail, résultats à paraître) paraît confirmée, mais dans une moindre mesure par l'organisation latérale du "compartiment ferritisé et induré" : Certes cette ferritisation et l'induration des matériaux s'accroît et paraît à une profondeur de plus en plus faible de l'amont vers l'aval de la toposéquence, mais l'horizon nodulaire apparaît moins profond au tiers supérieur de pente (S 42) qu'en haut ou à mi-pente (S 41 et 43), et cet horizon nodulaire est le plus différencié dans le profil d'amont.

Les horizons jaune-brunâtre (6,25 YR) et bruns (5 YR) sont plus développés (ou mieux conservés ?) dans cette séquence que dans la précédente : 190 à 340 CM en S 41, 10 à 280 CM et plus en S 42, 100 à 280 CM en S 43, 150 à 240 CM en S 44. Incontestablement à cette coloration plus rouge des horizons correspond une structure plus fine, une microstructure plus développée et plus généralisée, une accentuation de la porosité et de la friabilité du matériau. Corrélativement, la phase "ferme" associée à la phase "microstructurée" se limite alors à quelques agrégats ou "noyaux argileux" denses, ou se signale par une surstructure polyédrique moyenne et grossière marquée par quelques faces structurales planes et lisses, préférentiellement groupées en quelques volumes diffus à porosité légèrement plus faible ou compacité à peine plus forte.

Inversement, dans les horizons les plus "jaunes" de la partie supérieure, la microstructure s'estompe et tend à se limiter à des volumes pédoturbés par la faune, en même temps qu'à

la structure polyédrique très fine et fine se substitue une structure moyenne à grossière aux faces structurales planes et lisses, et que s'individualisent des volumes peu poreux, compacts, denses et moins humides que la matrice emballante. Ces caractères sont les plus nets dans l'horizon de consistance. Mais si ce dernier est toujours présent, sa différenciation, son épaisseur et son contraste sont d'autant plus marqués que le "jaunissement" de la partie supérieure du profil est profond et que le gradient de décoloration est prononcé. Peu épais (10-45 CM), à sous-structure fine, très poreux, à peine cohérent, assez friable en S 42, profil brun-jaune (6,25 YR) dès 10 CM, il est plus épais (représenté par une phase "ferme" discontinue jusqu'à 100 CM), polyédrique moyen exclusif et fissuré verticalement de 15 à 40 CM, moins poreux, plus compact, peu friable, en S 44, profil dont les horizons brun-jaune n'apparaissent qu'à 150 CM. Par contre, en S 41, profil dont les horizons brun-jaune n'apparaissent qu'à 190 CM mais dont le gradient de décoloration est moins prononcé (une 1/2 teinte de différence entre horizons supérieurs et profonds) le B de consistance présente des caractéristiques intermédiaires entre celles de ces 2 profils.

Une troisième caractéristique de cette séquence est la faible différenciation des horizons ferritisés dans les fosses observées, ou, plus probablement, un développement plus profond de ces horizons. Alors qu'en S 3 des horizons ferritisés et/ou indurés, rouges, continus, apparaissent dès 290 CM dans la moitié aval de la séquence (S 32 et S33), dans cette séquence et à cette profondeur cette ferritisation n'affecte qu'une faible partie de la matrice et d'une façon très discrète puisque la phase correspondante est plutôt brun-rouge (3,75 YR), diffuse, discontinue, et reste nettement structurée, poreuse, assez friable et meuble. Par contre, la phase nodulaire qu'elle inclut, et qui semble lui être associée, paraît au contraire plus différenciée : Nodules ferrugineux par exemple abondants, durs, dans une matrice peu ferritisée à partir de 340 CM en S 41. Outre que cette ferritisation apparaîtrait plus profondément, tout se passe donc comme si le fer libéré par l'altération se liait préférentiellement à l'argile pour former une matrice argilo-ferrugineuse meuble et agrégée. Nous avons vu aussi que ce plasma ferritisé était en continuité avec l'alterite sous-

jacente. Le processus de pédoplasation (FLACH et al., 1968) à partir de l'altérite, l'emporterait (en intensité comme en vitesse) sur celui d'induration, alors limité à quelques "noyaux" d'altéroplasma. Il pourrait être intéressant d'évaluer les rôles respectifs des conditions pédogénétiques de l'altération (pédoclimat) et de la nature du matériau originel (plus ou moins grande basicité) sur ce phénomène.

Une autre originalité de cette séquence est le défrichement intégral de la forêt qui la couvrait. On ne connaît pas l'ancienneté de ce défrichement, mais partant du principe que la pression culturelle est la plus forte à proximité des lieux d'habitation, on peut essayer d'imaginer l'interférence des cultures sur la morphologie des horizons supérieurs. Le profil S 41, à 50 m de la case du propriétaire du terrain, ocre jusqu'à 200CM, est nettement décoloré sur les 10 premiers centimètres, correspondant à un horizon cultural appauvri, finement structuré du fait de la matière organique mais à agrégats néanmoins sensibles à l'écrasement, à limite nette avec l'horizon de consistance sous-jacent dont la structure est moyenne à grossière. Dans le profil S 42, situé à 40 m de l'habitation principale, et brun-jaune jusqu'en surface, ce phénomène de dégradation de l'horizon humifère paraît moins évident, mais l'horizon de consistance sous-jacent présente une sur-structure très grossière (à allongement vertical des agrégats visibles jusqu'à 80 CM) à l'origine d'une certaine hétérogénéité de pénétration des eaux pluviales et de la matière organique. La mise en culture accentue donc l'hétérogénéité de la partie supérieure des profils : Contraste accru entre horizon humifère appauvri en argile et susceptible aux agents de dégradation si une quantité suffisante de matière organique (facteur d'agrégation) ne compense pas la perte en argile, et un horizon de consistance rendu plus compact (structure dégradée) et hétérogène sur le plan de la porosité. Cette influence de la mise en culture est d'autant plus importante que le profil présente des horizons supérieurs préalablement décolorés. Elle est autant le fait d'une action directe du travail du sol que d'une modification indirecte du pédoclimat : L'effet tampon de la végétation forestière étant supprimé, le matériau pédologique est soumis à un cycle climatique d'humectation - dessèchement plus contrasté,

contrainte qui est toujours un facteur de démolition des organisations. Notons cependant que ces transformations sont relativement discrètes ici : Les horizons B à partir desquels se différencient ces horizons, ne sont pas franchement jaunes et présentent une structure relativement développée, tous facteurs conférant à ces sols une certaine résistance aux agents de dégradation.

32212 - Le bas versant concave :

Sur ce raccord topographique s'exerce une différenciation pédologique distincte des précédentes.

a - Description d'un profil-type :
.....

S 45 : Bas de pente concave / contact avec thalweg large, hydro-morphe, à raphiales.

0 - 8 CM : Humide / 10 YR 5/4 / brun-jaunâtre / nombreuses taches / 10 YR 3/4-4/4 / brun-jaunâtre foncé / dans la masse / moins cohérentes / quelques taches / 10 YR 5/8 / plus argileuses / plus cohérentes / sablo-argileux / à sable grossier / structure peu nette / polyédrique subanguleuse / fine à grossière / associée à une structure grumeleuse et une structure particulaire / volume des vides faible / très poreux / intersticiel et tubulaire / très friable / revêtements sableux / chevelu très dense / nombreuses racines / fines / transition distincte / régulière.

8 - 25 CM : Humide / 10 YR 5/4 / brun-jaunâtre / taches / 10 YR 4/4 / brun-jaunâtre foncé / associées à l'activité biologique / contrastées / à limites nettes / moins cohérentes / sablo-argileux à argilo-sableux / à sable grossier / structure peu nette / polyédrique subanguleuse / moyenne et grossière / volume des vides très faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / pores moyens et grossiers / quelques sables déliés blanchis / friable / quelques revêtements organo-argileux / 10 YR 4/4 / racines / fines et moyennes / dans la masse / transition graduelle / régulière.

25 - 60 CM : Humide / 10 YR 6/6 / jaune-brunâtre / quelques taches idem / sablo-argileux à argilo-sableux / structure peu nette / polyédrique / moyenne / volume des vides très faible / pores très nombreux / très fins et fins / meuble / friable / quelques faces luisantes / racines fines / dans la masse / transition diffuse / régulière.

60 - 125 CM : Humide / 10 YR 6/6 / taches / 7,5 YR 6/8 / jaune rougeâtre / peu contrastées / à limites peu nettes / aussi cohérentes / 1 CM / structure nette / polyédrique / moyenne et grossière / volume des vides très faible / pores très nombreux / très fins et fins / friable / peu plastique / peu collant / quelques racines / fines / dans la masse / transition graduelle / régulière.

125 - 150 CM et plus : Humide / 10 YR 7/6 / jaune très pâle /
très nombreuses taches / 10 YR 6/8 /
jaune-brunâtre / étendues / diffuses / aussi cohérentes / inclu-
ant taches / 7,5 YR 6/8 / dans la masse ou associées à des vides/
argilo-sableux / peu plastique / collant / structure nette / po-
lyédrique / fine et moyenne / faces structurales plus marquées /
volume des vides très faible / pores nombreux / à partir de 140CM
nappe / matrice éclaircie / taches ferrugineuses plus marquées
mais moins nombreuses / blocs et cailloux de cuirasse / très
durs / à faciès lithologique localement conservé / émoussés /
assez massifs.

b - Commentaires :

Ce profil de bas de pente est donc essentiellement carac-
térisé par sa couleur jaune, sa texture relativement sableuse et
sa structure à la fois peu développée et grossière. Corollaire,
l'argile peu agrégée de ce sol filtrant, à porosité essentielle-
ment intergranulaire, est facilement mobilisable; d'où un appau-
vrissement intense et profond en argile qui accroit la porosité
des horizons supérieurs.

Comme il est peu probable que le matériau originel soit
uniquement et exceptionnellement quartzeux en bas de pente, l'a-
bondance du squelette de ce sol s'explique par un soutirage du
plasma par le réseau hydrographique. Ce soutirage est logiquement
le plus fort dans la frange capillaire mobile (drainage latéral)
de la nappe phréatique; ce que confirme un gradient d'argile pro-
gressivement décroissant de 50 à 125 CM puis à nouveau et plus
rapidement croissant au voisinage et dans la nappe.

La décoloration (= décomplexation = déferritisation) to-
tale du profil résulte de la conjonction en bas de pente d'une
décoloration croissante des horizons supérieurs (profondeur, et
gradient) de l'amont vers l'aval de la toposéquence, et de l'évo-
lution en milieu réducteur du matériau pédologique dans la frange
capillaire (l'épaisseur de cette dernière étant approximative-
ment celle de la tranche de sol affectée par les taches de ré-
oxydation ocres, soit de 60 à 140 CM ici). Comme on sait mainte-
nant qu'à une intense décoloration correspond une dégradation,
ou tout au moins un faible développement de la structure ainsi
qu'une plus grande mobilité de l'argile, ce sol est donc bien en
conditions topographiques, hydriques et pédogénétiques favorables

à un lessivage généralisé. L'analyse micromorphologique dirait cependant si ce sol n'est pas aussi le siège d'une illuviation secondaire d'argile provenant de l'amont et comblant partiellement les vides laissés par le départ de son propre plasma ("bouchon argileux", J.P. MULLER, 1974).

On note la présence de blocs de saprolithe ferruginisée à la base de ce profil et dans la nappe. L'étude de plusieurs autres toposéquences en des sites variés semble confirmer que l'induration ne peut se faire en conditions de saturation quasi permanente et que la base des cuirasses est détruite au toit de la frange capillaire (alvéolisation, porosité tubulaire grossière et latérale, franges de déferruginisation en bordure des alvéoles, alvéoles partiellement ou totalement vidées de leur argile...). Il nous faut donc conclure à une remontée du niveau de base, probablement du fait du colmatage du réseau hydrographique tant par les produits de lessivage des sols ferrallitiques bien drainés des versants que par la démolition des sols de bas de pente placés en conditions de mauvais drainage externe. D'où, vraisemblablement, cette allure concave du bas de versant et, avec la remontée du niveau de base, une probable dégradation remontante des sols ferrallitiques de l'aval vers l'amont.

Notons enfin que la perméabilité des horizons de surface, du fait de l'abondance de leur squelette, permet une pénétration homogène et profonde des matières humiques. Comme dans tous ces sols humides de bas de pente (cf. S 34), la mésofaune prolonge cette pénétration à la faveur de macrovides tubulaires.

3222 - Séquence S 2, sur modelé convexe à faible dénivelée :

Le modelé convexe à aval très pentu est voisin de celui portant la séquence S 3, mais la dénivelée n'est plus que de 30M environ; les avals des 2 séquences se situent approximativement aux mêmes altitudes, mais l'amont de S 2 est plus bas (environ 725 M).

Comme pour S 4, l'étude de cette séquence sera menée comparativement à celle, détaillée, de S 3. Les deux-tiers amont du versant étant situés sous défriches et le tiers aval sous-forêt

nous évaluerons le rôle de la mise en culture sur l'organisation des horizons supérieurs, avant d'essayer d'estimer son interférence sur le comportement hydro-dynamique du bassin versant, presque entièrement défriché, sur lequel est installée cette séquence (cf. parag. 6).

32221 - Les sols ocres d'amont.

a - Description d'un profil-type :

S 21 : Interfluve convexe / amont sur ligne de crête rectiligne, hectométrique / sous jachère.

0 - 15 CM : Humide / 7,5 YR 4/4 / brun / nombreuses taches / 7,5 YR 5/4-6 / brun vif / matière organique non directement décelable / argilo peu sableux / structure nette / polyédrique subanguleuse / fine et moyenne / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens et grossiers / quelques vacuoles / légère porosité intersticielle de la phase la plus sombre / volume des vides faible entre agrégats / faces luisantes / quelques revêtements organo-argileux / associés à des vides / sur-structure localisée / polyédrique subanguleuse grossière / diminution de porosité au niveau de la phase vive / phase sombre friable / phase vive légèrement plus cohérente / peu plastique / peu collant / nombreuses racines / fines à moyennes / dans la masse / chevelu très dense / forte activité / transition distincte / régulière.

15 - 35 CM : Humide / 7,5 YR 5/6 / brun vif / taches / 7,5 YR 5/4-4/4 / brun / pédoturbées / à la périphérie plus poreuse des agrégats / ou associées aux faces structurales et aux vides / quelques revêtements organo-argileux / luisants / minces / préférentiellement subverticaux / argileux / structure polyédrique / à légèrement subanguleuse / grossière / sous-structure polyédrique moyenne / et associée à une structure polyédrique subanguleuse fine et moyenne / quelques agrégats grossiers à orientation subverticale / meuble / volume des vides faible / quelques faces structurales très nettes / pores nombreux / fins et très fins / pores moyens et grossiers plus abondants / peu friable / plastique / collant / quelques noyaux argileux centimétriques / à limites peu nettes / plus secs / plus denses / et moins poreux / racines / fines / chevelu dense / dans la masse et sur les faces des agrégats / forte activité / termites / transition graduelle / régulière.

35 - 70 CM : Frais à humide / assez homogène / 7,5 YR 5/7 / quelques taches / 7,5 YR 5/5 / essentiellement associées aux faces des agrégats / et/ou organo-argilanes / luisants / essentiellement sur faces structurales subverticales / quelquefois associés à des volumes pédoturbés très poreux / argileux / structure nette / polyédrique / moyenne et grossière / à sur-structure polyédrique très grossière, à allongement subvertical, vers le haut / quelques faces structurales subverticales très nettes / soulignées par revêtements / meuble / pores nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens et grossiers / peu friable / racines / fines / dans la masse et sur faces struc-

turales / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

70 - 100 CM : Sensiblement idem / plus homogène / taches peu nombreuses / et/ou revêtements / 7,5 YR 5/4-5/6 / brun / sur faces verticales des agrégats / minces / peu contrastés / structure moins nette / s'affinant légèrement / pores très nombreux / très fins et fins / légère diminution de cohésion / racines fines peu nombreuses / dans la masse / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

100 - 175 CM : Frais à humide / 7,5 YR 5/8 / taches / 6,25 YR 5/8 / dans la masse / aussi cohérentes / à partir de 130 CM, quelques taches puis taches / 5 YR 5/8 / généralement inf. 2 CM / irrégulières / contrastées / à limites variablement nettes / plus cohérentes / moins poreuses / affectées des faces structurales les plus nettes / moins humides / se différenciant localement en noyaux subanguleux, denses, très peu poreux / argileux / structure peu nette à localement nette / polyédrique / moyenne et grossière / à sous-structure localisée / polyédrique fine / localement ébauche de microstructure en volumes diffus généralement inf. 1 CM, ou de forme tubulaire / meuble / volume des vides très faible / peu friable à friable (microstructure) / phase rougeâtre peu à non friable / rares revêtements / peu contrastés / luisants / 7,5 YR 5/6 / sur faces structurales verticales de moitié supérieure / quelques racines / fines / dans la masse / transition graduelle / régulière.

175 - 220 CM : La séparation en 2 phases s'affirme / 50-50 % / Phase rougeâtre à rouge / 3,75 à 2,5 YR 4/8 / en taches inf. à 2 CM / irrégulièrement réparties / isolées ou anastomosées en réseau lâche / avec taches jaunâtres / 7,5 YR 5/8 / essentiellement associées aux vides et faces structurales / contrastées / à limites peu nettes / jusqu'à 3-4 mm d'épaisseur / débit très net en agrégats polyédriques / très fins à moyens / à faces structurales anguleuses et planes très marquées / luisantes / légère cohésion / à pores peu nombreux / très fins et fins / moins humide / peu friable / quelques noyaux subanguleux / arrondis / inf. 2 CM / parfois plus rouges / très denses (non friables) / limites peu nettes à localement nettes avec phase 6,25 à 5 YR 5/8 / très poreuse / pédoturbée / plus fortement microstructurée / friable / dans volumes à forme localement pédotubulaire / pénétrée préférentiellement par quelques racines fines.

Activité moyenne / quelques nodules subarrondis ("plombs de chasse") / quartz grossiers anguleux / faces luisantes mais peu de revêtements apparents / transition graduelle / régulière.

220 - 280 CM : Phase rouge devient dominante / forme une trame continue, 70-80 % / à orientation légèrement subverticale à la partie supérieure / plus uniformément rouge / 2,5 YR 4/8 à 10 R 4/8 / taches jaunes / 10 % / 10 YR 5/8-7/8 / plus contrastées / associées aux faces structurales / à limites nettes / moins cohérentes / structure moins nette / polyédrique / moyenne à grossière / associée à une structure prismatique moyenne / cohérent / volume des vides très faible entre agrégats / pores peu nombreux / dans la masse / formes nodulaires subarrondies / variablement nettes / plus denses / s'individualisant parfois en nodules argileux rouges / non friable / peu humide / sans revêtements apparents / limites nettes à très nettes, fréquemment émoussées, avec phase 5 YR 5/8 / meuble / très poreuse / très friable / microstructurés / assez homogène / incluant volumes isolés et nodules issus de phase précédente / "plombs de chasse"

plus arrondis, plus luisants, très abondants / quelques racines / fines / dans la phase 5 YR essentiellement / transition distincte / ondulée.

280 - 290 et plus : Horizon sensiblement idem / incluant nodules abondants / très durs / jusque 3 CM / et fragments de cuirasse / jusque 10 CM / très durs / rouge sombre à taches jaunes.

b - Commentaires :
.....

Dans ce profil de haut de pente, la phase que nous avons précédemment qualifiée de "ferme" apparaît donc à faible profondeur (dès 130 CM) : D'abord sous forme de taches brunes isolées, peu contrastées et à limites peu nettes, elle devient rapidement dominante en formant dès 220 CM un réseau continu, rouge, dense et cohérent, et apparaît franchement ferritisée à partir de 280 CM. Elle présente donc un gradient vertical de différenciation contrasté auquel correspond une baisse rapide de porosité (pores peu nombreux et taches jaunes de déferruginisation), et un net accroissement de la compacité et de la dureté. Au-delà de 280 CM cette phase fait progressivement suite à une carapace incluant des blocs cuirassés très durs. Elle présente toujours une structuration polyédrique, très nette et fine à moyenne en haut, moins nette (cohésion) et plus grossière en bas; dans la partie moyenne de cet ensemble d'horizons ferritisés, les agrégats grossiers sont allongés verticalement et une sur-structure prismatique apparaît; les faces structurales, généralement planes et luisantes, deviennent alors très marquées dans le sens vertical. Dès 175 CM des formes nodulaires apparaissent au sein du réseau; ce dernier acquiert des limites de plus en plus nettes et émoussées, et des "noyaux argileux" arrondis semblent s'en détacher. Cette phase, "ferme" puis ferritisée, proche de la surface et emballée dans une phase meuble décolorée, est donc soumise à la pédogenèse active de la partie supérieure du sol. Il en résulterait une dégradation superficielle, dont témoignent ces formes arrondies ou les taches de décoloration liées aux faces structurales, et une concentration ferrugineuse dans la phase résiduelle, alors plus cimentée.

La phase restée meuble, plus finement structurée, poreuse et friable, décolorée (7,5 YR) jusque 175 CM, est à peine plus rouge d'une demi teinte (6,25 YR) au-delà. D'où un fort contraste avec la phase précédente, encore accentué par la rareté ...

et l'aspect discontinu d'une phase intergrade, pratiquement limitée à l'horizon 100-175 CM.

A cette quasi absence de phase meuble et brune correspond un faible développement de la structure microgrenue : Microagrégats mal individualisés, microstructure discontinue, le plus souvent notée comme sous-structure. D'autre part, les agrégats polyédriques sont plus souvent moyens que très fins. Ce sol d'amont est donc caractérisé par une plus faible maturation structurale que les sols de haut de pente des séquences précédentes sur modelé convexe.

En outre, une structure très fine (polyédrique et microgrenue) n'est réellement notée qu'à partir de 100 CM. Plus haut les agrégats sont polyédriques moyens à grossiers, et une surstructure très grossière, à allongement subvertical et fissuration verticale affecte le sol sur plus de 60 CM. L'horizon de consistance est donc contrasté et épais. A cette prise en masse du matériau correspond une baisse de porosité, un accroissement de la compacité-dureté. Les racines comme les eaux pluviales tendent alors à emprunter les vides structuraux grossiers, les agrégats résistant à leur pénétration.

Rapidement ferritisé vers la base et déstructuré vers le haut, le matériau pédologique n'est donc réellement très meuble, très poreux et très friable, que sur une épaisseur limitée : de 100 à 175 CM.

L'argile étant d'autant plus mobilisable qu'elle est jaune et peu agrégée (structure grossière des horizons), ces horizons supérieurs sont donc sensibles au lessivage. Ce dernier est relativement accusé ici comme en témoignent la texture argilo-sableuse dans les 15 premiers centimètres et l'abondance des argilanes et organo-argilanes notés jusque 180 CM au moins.

Le défrichement puis la mise en culture accélèrent cette démolition : L'appauvrissement en argile est accru en surface et l'horizon de consistance est rendu encore plus compact et fissuré. Le contraste relatif des horizons supérieurs est donc renforcé. D'un point de vue pratique, si la mise en culture est un facteur direct d'ameublissement des horizons travaillés, il n'en reste pas moins que ces derniers, appauvris en plasma, devien-

nent plus sensibles à l'érosion. Indirectement, une modification des conditions pédoclimatiques de surface avec renforcement du contraste des cycles humectation-dessèchement est un facteur de réduction progressive de la perméabilité de la partie supérieure des horizons B de consistance.

32222 - Les sols ocres de mi-pente et tiers inférieur de pente :

a - Description d'un profil-type :

Nous choisirons un profil du bas de versant convexe, le contraste des organisations allant de l'amont vers l'aval.

S 23 : A 40 m du thalweg / pente 40 % / couvert forestier / litière discontinue de feuilles et brindilles / en surface racines horizontales localement déchaussées.

0 - 2 CM : Frais / 10 YR 3/4 / brun-jaunâtre foncé / matière organique non directement décelable / argilo-sableux / pas de sables déliés / structure très nette / grumeleuse / fine et moyenne / associée à polyédrique subanguleuse très fine / volume des vides important entre agrégats / très meuble / très poreux / très friable / cohésion assurée par matrice racinaire très dense, subhorizontale / transition nette / légèrement ondulée.

2 - 10 CM : Humide / 7,5 YR 4/4 / brun / nombreuses taches diffuses / 7,5 YR 3/2 / brun foncé / associées à des volumes pédoturbés plus poreux / moins cohérentes / et 7,5 YR 5/6 / plus cohérentes / argilo peu sableux / structure nette et très nette / polyédrique subanguleuse / fine et moyenne / associée à grumeleuse moyenne au niveau des taches sombres / volume des vides assez important entre agrégats / meuble / très poreux / très friable / plastique / collant / pas de revêtements / nombreuses racines / fines / chevelu très dense / transition distincte / régulière.

10 - 30 CM : Humide à frais / 7,5 YR 5/6 / brun vif / taches / 7,5 YR 5/4 / brunes / associées aux volumes les plus meubles et pédoturbés / et liées aux faces verticales des agrégats / alors luisantes / et pénétrant légèrement leur masse / argileux / structure nette / polyédrique moyenne / sur-structure polyédrique grossière / les plus gros agrégats à orientation légèrement subverticale / séparés par fissures aux parois teintées par matières humiques / volume des vides faible entre agrégats / meuble / à localement cohérent / pores nombreux / très fins et fins / tubulaires / pores moyens et grossiers / peu friable / quelques agrégats et noyaux argileux plus denses / et légèrement plus secs / plastique / collant / revêtements peu développés / 10 % / racines fines / chevelu / dans la masse / forte activité termitique / transition graduelle / régulière.

30 - 70 CM : Humide à frais / assez homogène de teinte / 7,5 YR 5/6-5/8 / brun vif / taches 7,5 YR 5/4 / bruns / 5 % / diffuses / sur faces des agrégats / et/ou revêtements peu nets / minces / sur faces structurales verticales / argileux / structure nette / polyédrique moyenne / sous-structure polyédrique fine localisée / sur-structure polyédrique grossière localisée / faces structurales granuleuses / quelques faces subverticales très nettes et lisses / volume des vides faible / entre agrégats / meuble / quelques noyaux argileux moins poreux / plus denses / pores très nombreux / friable à peu friable / racines fines / pénétrant la masse de l'horizon / termites / transition diffuse / régulière.

70 - 120 CM : Humide à frais / 7,5 YR 5/8 / brun vif / homogène / argileux / structure nette / polyédrique fine / à localement moyenne / associée à microstructure peu nette / volume des vides très faible / meuble / quelques faces structurales anguleuses et lisses / très poreux / quelques agrégats et noyaux moins poreux, peu friables / friable / pas de revêtements / quelques racines/fines / dans la masse / transition diffuse / régulière.

120 - 180 CM : Sensiblement idem / 7,5 YR 5/8 / léger développement de structure fine et microstructure / parallèlement le contraste des agrégats plus fermes s'accroît / avec léger rougissement de leur masse / meuble à très meuble / très friable et peu friable (noyaux) / racines fines / dans la masse / transition graduelle / régulière.

180 - 200 CM : 10 % de taches rouges / 3,75 YR 5/8 / très peu contrastées / associées à la phase ferme / accroissement de la compacité d'ensemble / structure polyédrique moyenne / faces structurales plus marquées / et légèrement luisantes / débit préférentiellement subvertical / légère diminution de la porosité / friable à peu friable / noyaux argileux plus abondants / quelques racines/fines / transition distincte / ondulée.

200 - 240 CM : Brusque accroissement du nombre des taches rouges / 2,5 YR 4/8 / anastomosées en un réseau continu et régulièrement réparties / peu friables / taches jaunes/ associées aux faces structurales / réseau à limites peu nettes à localement nettes avec matrice meuble idem précédemment / inclus des nodules / arrondis / inf. 2 CM / très durs / rouge sombre / à gradient de nombre, taille, et contraste décroissant vers la base / éléments indurés / anguleux ou émoussés / multicentimétriques / cailloux de quartz anguleux / surtout concentrés dans 10 CM supérieurs / quelques racines / fines / dans la matrice meuble / transition diffuse / régulière.

240 - 310 et plus : Carapace peu indurée en haut à indurée en bas / 90 % / trame de plus en plus large et faciès de plus en plus altéromorphe vers la base / vers le bas débit subhorizontal préférentiel / avec alvéoles jaunâtres parfois évidées / ferruginisation plus argilomorphe et plus sombre en bordure du réseau vacuolaire / schistosité reconnaissable à la base.

b - Commentaires : (sur les profils S 22 et S 23)
.....

Deux processus pédogénétiques s'exacerbent de l'amont vers l'aval de la toposéquence : La décoloration de la partie supérieure des profils et l'induration des horizons profonds.

Au "jaunissement" plus profond de la partie supérieure des profils correspond un développement des structures moyenne et grossière et un épaissement de l'horizon de consistance. Mais malgré ces caractéristiques, les horizons supérieurs restent relativement poreux, maubles et friables, et les racines pénètrent assez homogènement la masse du matériau argileux; alors que le profil d'amont situé sous culture présentait de ce point de vue des caractéristiques plus défavorables. Donc, malgré une structuration plus large des horizons, le couvert forestier semble prémunir ces sols de la compaction, et leurs porosité et perméabilité restent relativement bonnes. De même, théoriquement plus susceptibles à la dégradation que les sols rouges d'aval de la séquence S 4, ces sols restent relativement peu lessivés, et les revêtements ne sont réellement nets que jusqu'à 80 CM environ. Il faut probablement voir là aussi un effet protecteur de la forêt.

Par contre, les horizons humifères sont relativement peu développés : La partie supérieure des horizons de consistance est atteinte dès 7-10 CM, et des agrégats grossiers et ocres sont notés au sein des horizons humifères. En surface l'horizon grumeleux est très mince et discontinu et des plages minérales et des racines déchaussées apparaissent. Ce sont là les effets probables d'une érosion superficielle sur pentes fortes, qui rapproche les horizons B de la surface.

En S 22 la phase ferritisée continue est plus profonde qu'en S 21. En outre le passage des horizons B meubles aux horizons B ferritisés est très progressif. La phase brune (5 YR) finement structurée occupe alors proportionnellement une tranche plus épaisse de sol. Le profil S 23 est plus profondément décoloré et ses horizons indurés sont atteints dès 2 M : La phase brune n'est plus représentée que par quelques taches épar-
ses. On pourrait s'attendre alors à ce que les horizons B meubles soient moins finement structurés. Or la microstructure est aussi développée qu'en S 22 et des microagrégats sont notés dès

70 CM, donc à une profondeur moindre que dans les profils amont. Si nous nous référons à nos précédentes observations, les conditions d'évolution de ces horizons ne sont ^{pourtant}/pas celles d'une forte microstructuration. Il nous faut donc imaginer que ces horizons étaient antérieurement plus profonds et placés en conditions plus favorables, puis qu'ils ont été rapprochés de la surface à la suite (par exemple) d'un recul de versant.

Dans le profil S 23 on passe donc assez brutalement (sur 20 CM) d'un horizon meuble finement structuré à un horizon compact induré. Une phase peu abondante, progressivement de plus en plus tachée, compacte et dense (donc ferritisée) du haut vers le bas, assure une certaine continuité de cette "carapace" avec les horizons meubles sus-jacents; mais il est net que cette phase est en voie de disparition : Elle a tendance à se réduire à quelques volumes émoussés, voire arrondis, décolorés à partir de leur périphérie, donc progressivement déferruginisés. Vers la base, cette carapace est en continuité avec l'altérite : En même temps que son réseau s'élargit et que croît l'induration, un faciès altéromorphe apparaît progressivement au sein de ce réseau. La ferruginisation de ce dernier étant la plus forte à proximité du réseau vacuolaire il est évident qu'elle se différencie dans un sens centrifuge au fur et à mesure que le fer des taches d'altérite centrales est libéré. Mais cette carapace est elle même soumise à une déferruginisation puisque des taches de décoloration affectent les faces structurales et forme un liseret friable en bordure des alvéoles. Ce liseret étant d'autant plus contrasté et mince, et présentant des limites d'autant plus nettes que l'induration préalable du matériau est forte, ce dernier offre donc en profondeur une résistance accrue à la dégradation. Il est possible aussi que le fer migre dans un sens centripète des plages décolorées vers l'intérieur du réseau, accentuant ainsi la différenciation d'un néo-cortex ferrugineux dur. Progressivement ainsi une "discontinuité dynamique endogène" (J.P. MULLER, 1977d) naît au sein d'un matériau primitivement assez homogène.

Ce processus observé à l'échelle de la phase, peut aussi être envisagé à l'échelle de l'horizon puis du profil, pour expliquer la naissance d'une discontinuité à 200 CM : Le phénomène de dégradation par décoloration-déferruginisation qui sévit à la

partie supérieure du profil trouve un frein à son développement en profondeur dans une induration progressivement plus forte et généralisée de la base du profil. Cette induration n'est pas toutefois assez forte pour que la limite soit très brutale : A 200 CM la ferruginisation n'est pas suffisante pour stopper radicalement l'avance d'un front de dégradation. A cette profondeur la transition n'est donc nette que du point de vue d'une phase nodulaire résiduelle, discontinue avec la matrice emballante (cf. ci-dessus), cette dernière restant continue avec la phase ferme de l'horizon meuble sus-jacent. Il est probable cependant qu'une franche discontinuité naîtra quand ce front, progressant en profondeur, se heurtera à un matériau nettement et quasiment totalement induré (vers 240 CM). Ce matériau plus massif, parce qu'insuffisamment évolué pour être structuré (proche d'un altéroplasma), offrira en outre moins de vides à la pénétration des solutions dégradantes.

Notons enfin que vers la base le réseau alvéolaire prend une orientation légèrement oblique dans le sens de la pente et que nombre des vides sont pratiquement vidés de l'argile qui les emplissait primitivement : Ces faits attestent une circulation latérale des eaux sous la carapace de bas de pente avec pour effet une dégradation de cette dernière par sa base.

32223 - Les sols jaunes de bas de versant :

a - Description d'un profil-type :
.....

S 24 : Bas de versant convexe / à 5 M bas-fond hydromorphe large et plat, à raphiales / pente 30 % / litière discontinue / matrice racinaire localement déchaussée / terriers, nids / en surface horizon grumeleux idem précédemment / discontinu / moins de 1 CM.

0 - 3 CM : Humide / 10 YR 4/4 / nombreuses taches / 10 YR 3/2-3/3 / brun grisâtre très foncé / liées à l'activité biologique / matière organique non directement décelable / argilo-sableux à sablo-argileux / structure nette / polyédrique subanguleuse / fine et moyenne / meuble / volume des vides assez important entre agrégats / très poreux / périphérie des agrégats légèrement lessivée / friable / peu plastique / peu collant / pores grossiers / vacuoles / chevelu très dense / nombreuses racines / fines / forte activité / transition distincte / ondulée.

3 - 25 CM : Humide / 10 YR 5/6 / brun-jaunâtre / taches / 10 YR 3/4 / brun-jaunâtre foncé / associées à des volumes pédoturbés / contrastées / à limites nettes / moins cohérentes / autres taches / 10 YR 4/4-5/4 / liées aux faces structurales et aux vides / et/ou revêtements / 10 % / nets / luisants / périphérie des agrégats plus humide que coeur / argileux / structure nette / polyédrique et polyédrique subanguleuse / grossière à très grossière / à sous-structure polyédrique moyenne / volume des vides faible entre agrégats / pores nombreux / fins et très fins / assez abondants pores moyens et grossiers / peu à non friable / collant / chevelu / nombreuses racines / fines et moyennes / contournant préférentiellement les agrégats / transition graduelle / régulière.

25 - 60 CM : Humide / 10 YR 5/6 / brun-jaunâtre / taches et/ou revêtements / luisants / sur faces des agrégats / périphérie des agrégats plus humide que coeur / argileux / structure nette / polyédrique moyenne / associée à polyédrique grossière / sous-structure localisée polyédrique fine / volume des vides faible entre agrégats / pores nombreux / très fins à moyens / peu friable / plastique / collant / racines fines / tendant à contourner les agrégats / transition diffuse / régulière.

60 - 110 CM : Humide / 7,5 YR 5/6 / brun vif / argileux / éléments grossiers peu abondants / irréguliers / lithoreliques ferruginisées (micaschiste) / anguleuses / cailloux non ferruginisés de quartz / taches indurées d'altéroplasma / structure nette / polyédrique / moyenne et fine / faces structurales millimétriques très nettes, planes et anguleuses / volume des vides très faible entre agrégats / légèrement cohérent / pores très nombreux / très fins et fins / pores moyens / peu friable à friable / racines fines dans la masse / forte activité / transition diffuse / interrompue.

110 - 150 CM : Matrice sensiblement idem / incluant poches d'altérite à schistosité subhorizontale marquée, à faciès plus ou moins conservé / variablement indurées / sable et graviers de quartz / abondants / plus ou moins jointifs / nodules subarrondis à coeur altéromorphe et cortex argilomorphe plus ferruginisé / durs / paillettes micacées éparses / transition graduelle / régulière.

150 - 220 CM et plus : Poches d'altérite puis altérite continue / micaschiste / filons abondants de quartz / induration hétérogène à la partie supérieure / différenciation argilomorphe, ferrugineuse, dure, en bordure de tubules subhorizontaux ou obliques dans le sens de la schistosité / vers la base altérite friable, à ferranes interfoliaires, avec abondants cailloux imbriqués de quartz.

b - Commentaires :
.....

Ce profil situé juste au niveau de la rupture de pente est donc jaune (10 YR) sur 60 CM puis ocre (7,5 YR). Peu épais il présente dès 110 CM une phase altéritique discontinue (en poches), qui devient progressivement continue au-delà de 150 CM.

A cette décoloration totale de la phase argileuse correspond une extension de la structure polyédrique à tout le profil. La phase microgrenue a donc disparu ou est limitée à quelques volumes, irréguliers ou tubulaires, profondément pédoturbés. La structure est grossière et très grossière jusque 25 CM, grossière et moyenne jusque 60 CM, puis moyenne et fine au-delà. Parallèlement à cette structuration plus large, la compacité des agrégats et des horizons se développe : Agrégats peu à non friables, peu poreux, et horizon cohérent de 3 à 25 CM, agrégats peu friables, poreux et horizons légèrement cohérents jusque 110 CM; un réel ameublissement et une certaine friabilité n'apparaissent qu'au-delà. Corrélativement, les eaux pluviales et le système racinaire sont contraints d'emprunter les vides inter-agrégats : D'où, jusque 60 CM, des racines tendant à contourner les unités structurales, des agrégats à gradient d'humidité décroissant de la périphérie vers le centre, et des faces structurales luisantes.

Les horizons ferritisés ont eux-mêmes disparu. De la phase indurée il ne reste plus que des lithoreliques ferruginisées, dont la continuité avec l'altérite sous-jacente est assurée par une phase discontinue d'altéroplasma de moins en moins indurée du haut vers le bas et limitée à la bordure plus argilomorphe des volumes d'altérite au-delà de 150 CM. Dans ce milieu plus humide de bas de pente l'induration actuelle est donc limitée et les structures fortement indurées situées entre 60 et 110 CM sont l'objet d'une démolition.

Notons enfin que dans ce profil situé à 5 M du thalweg, la nappe n'est pas atteinte et que les horizons argileux et la phase indurée sont comme suspendus à plus de 2 M au-dessus du niveau de base. Contrairement aux hypothèses formulées à propos de la séquence S 4, nous concluerons, au sujet de cette séquence située à proximité d'une tête de thalweg et à l'amont du bassin versant, à un abaissement probable du niveau de base.

33 - Les sols des bas-fonds :

Un seul profil a été décrit dans un bas-fond presque plat sous forêt.

F 2 : Bas-fond hydromorphe sous forêt.

0 - 3 CM : Litière / horizon organo-argileux / grumeleux / très poreux / à matrice racinaire très dense / transition très nette / régulière.

3 - 15 CM : Frais / 10 YR 5/4 / brun-jaunâtre / taches sombres / 10 YR 4/4 / peu contrastées / diffuses / dans la masse / sablo-peu argileux / massif / très poreux / intergranulaire et tubulaire / quelques faces structurales peu nettes / très friable / chevelu très dense / nombreuses racines / fines et moyennes / transition graduelle / régulière.

15 - 35 CM : Humide / 10 YR 6/4 / brun-jaunâtre clair / sablo-peu argileux (légèrement plus argileux) / structure peu nette / polyédrique / moyenne et grossière / très meuble / très poreux / tubulaire et intergranulaire / peu plastique / peu collant / racines / fines / dans la masse / transition diffuse / régulière.

35- 60/70 CM : Humide / 10 YR 6/4 / brun-jaunâtre clair / légèrement plus argileux / structure plus nette et plus fine / agrégats légèrement plus fermes / très poreux / intergranulaire et tubulaire / faces des agrégats légèrement plus grises / luisantes / racines / fines / dans la masse / transition diffuse / ondulée.

60/70 - 90/100 CM : Matrice meuble idem / humide / peu plastique / collant / nombreux graviers / moins de 1 CM / quartz anguleux / fragments / 0,5-10 CM / ferruginisés / peu nombreux / rougeâtres / durs / transition graduelle / ondulée.

90/100 - 130 CM et plus : Très abondants quartz anguleux / taille des sables et graviers / et quelques cailloux idem / quelques éléments indurés résiduels / matrice argilo-sableuse blanchâtre / très humide / taches ocres et brunes / diffuses / dans la masse / forte porosité intersticielle / massif / abondants revêtements argileux blancs.

Le matériau de ce sol est donc très décoloré, "vidé" de son plasma jusqu'à proximité de la nappe, très faiblement structuré au-delà de 35 CM, et très filtrant du fait de sa très forte porosité intergranulaire.

Le caractère anguleux des quartz (sables ou graviers) témoigne que ce matériau est essentiellement le produit d'une évolution sur place, soit d'une altérite, soit de structures pédologiques différenciées, préexistantes et postérieurement détruites (recul de versant par exemple); l'alluvionnement est certainement un processus mineur.

4 - PROCESSUS PEDOGENETIQUES ET ORGANISATIONS AUX DIFFERENTES ECHELLES.

41 - Les processus pédogénétiques :

411 - Altération et évolution ferrallitiques

Les sols des versants sont incontestablement des sols ferrallitiques. Pour comparer génétiquement ces sols, nous devons considérer deux phénomènes dans cette pédogenèse ferrallitique (CHAUVEL et al., 1976b) :

1/ L'un est relatif à l'altération des minéraux primaires avec néoformation de constituants ferro-kaolinique : C'est l'altéroplasation (BOULET, 1974). De ce point de vue ces sols sont très évolués et il ne fait guère de doute que l'argile est essentiellement de nature kaolinitique dès les horizons d'altération. La nature ferrallitique de ces sols peut cependant s'accomoder d'un degré d'altération inférieur à 100. Ainsi, si l'altération des minéraux primaires est complète dans les sols des modelés convexes, les sols des collines hautes renferment des micas résiduels dans leur solum, leur comportement rappelle celui de sols à illite résiduelle observés ailleurs (sols "pénévolus"), et un taux appréciable de limons témoigne d'un fractionnement inachevé de la phase minérale. Ces sols appartiendraient à un groupe de sols ferrallitiques pénévolus, ceux des modelés convexes étant considérés comme "orthiques".

2/ L'autre concerne l'état d'organisation des éléments constituant le plasma et est lié aux transformations pédoplasmiques consécutives à l'évolution secondaire des hydrates ferri-fères et du complexe d'échange (TESSIER, 1975; TESSIER et al., 1976; CHAUVEL et al., 1976a). Sous cet aspect la pédoplasation (FLACH et al., 1968) ou l'évolution ferrallitique (CHAUVEL et al., 1976b) traduit divers degrés d'évolution. Notre étude étant strictement morphologique ceux-ci s'appréhendent essentiellement au niveau de deux processus :

- La maturation structurale (J.P. MULLER, 1977e) qui s'apprécie par le degré d'individualisation des agrégats suivant une séquence verticale d'organisation (au niveau du profil). La fraction argileuse prend génétiquement et

morphologiquement une importance prédominante.

- La "rétichromation" (MARTIN, 1966; CHATELIN et MARTIN, 1972). Ce terme caractérise un horizon à taches ou marbrures rouges ou ocre-rouge et taches beiges ou jaunâtres associées. Cet horizon peut garder à sa partie supérieure la cohésion habituelle relativement faible des horizons meubles et progressivement durcir puis franchement s'indurer en se ferritisant en profondeur. Dans ce cas prédomine largement la genèse, l'individualisation ou la concentration des oxydes métalliques.

412 - La maturation structurale :

Les matériaux des horizons ferrallitiques épais, meubles et argileux sont actuellement l'objet de transformations par des mécanismes affectant le plasma originel, lesquels peuvent se regrouper en deux grandes catégories :

- Mécanismes de micro-organisation : C'est la microstructuration des horizons B profonds (J.P.MULLER, 1977a) qui favorise l'aération, accroît la porosité et la perméabilité, tout en accentuant la friabilité d'ensemble des matériaux.

- Mécanismes de microdésorganisation : C'est essentiellement la microlyse plasmique. Il s'agit d'une décoloration du plasma (décomplexation) et de la destruction de la structure (microstructurolyse) des horizons supérieurs, phénomènes suivis ou non d'une déstabilisation du fond matriciel (lessivage) (J.P. MULLER, 1977b). Cette microlyse, responsable d'une "fonte" des structures, est à l'origine d'un accroissement de la dureté des agrégats et de la compacité des horizons de "consistance", donc d'une baisse de porosité et de perméabilité.

Dans les sols rouges qui ont fait l'objet d'une étude détaillée de ces mécanismes (J.P. MULLER, F.X.HUMBEL, 1977), le développement simultané de ces derniers, combiné à l'accumulation de la matière organique et à l'action pédoturbatrice de la faune que favorise indirectement "l'appauvrissement" en argile des horizons supérieurs, conduit, en condition de bon drainage, à la différenciation d'une séquence verticale de cinq ensembles d'horizons majeurs :

- Horizons humifères plus ou moins appauvris en argile.
- Horizons B de consistance, partie supérieure compacte de l'ensemble des B meubles, plus ou moins assombrie dans sa masse et/ou sur les faces des agrégats par une accumulation de matières organiques, et plus ou moins affectée par la microstructurolyse.
- Horizons B meubles et très friables, domaine d'expression maximale de la microstructuration (horizons aliatiques).
- Horizons B à phases polyédrique nette et microstructurée associées.
- Horizons B profonds, à structure polyédrique, denses et compacts.

Ces horizons se différenciant surtout au niveau de la structure, il s'agit donc essentiellement d'une séquence verticale d'organisation (J.P. MULLER, 1977c).

Soumis aux mêmes mécanismes d'organisation et de dés-organisation que les sols rouges précités, les sols de ce bassin versant s'en distinguent cependant par le degré de développement des processus correspondants de microstructuration, microlyse et lessivage, tant du point de vue de leur intensité que de celui de l'épaisseur des matériaux qu'ils affectent (cf. ci-dessous, la rétichromation).

- Dans les sols des collines hautes, l'absence de microstructure, la dureté des agrégats, la compacité du matériau révèlent une faible maturation structurale.

- Dans les sols des modelés convexes, la faible épaisseur relative des horizons finement structurés, le faible degré d'évolution apparente de la microstructure et la persistance dans tous les profils observés d'une phase polyédrique à faces structurales nettes et de noyaux argileux, attestent le caractère incomplet et limité de la microstructuration. D'où l'absence d'un véritable horizon B aliatique.

- Par contre, dans tous ces sols "jaunes" le phénomène de microlyse est nettement plus marqué que dans les sols rouges. Sans doute favorisé par les conditions du milieu

(J.P. MULLER, 1977c), il s'exerce donc d'autant mieux que la maturation structurale du matériau qu'il affecte est faible : La microstructure de ces sols étant moins évoluée que celle des sols rouges aliatiques (BEAUDOU et al., 1977), et l'argile étant probablement sous forme plus "libre" (CHAUVEL, 1976; CHAUVEL et al., à paraître), les assemblages plasmiques paraissent moins stables et ces sols sont potentiellement plus sensibles aux agents de dégradation. Celle-ci se traduit notamment par une accentuation du contraste et un épaissement des horizons de consistance, alors grossièrement structurés, cohérents et peu friables; avec pour corollaire une pénétration plus difficile du système racinaire, une humectation hétérogène et une circulation préférentielle des eaux pluviales dans des fissures verticales.

Cette susceptibilité des sols en relation avec leur degré de structuration est manifeste lors d'une mise en culture : Les sols "bruns", les mieux structurés, réagissent moins au changement de végétation que les sols ocres et jaunes des mêmes modelés, ou que les sols "pénévolués".

Les faits énumérés ci-dessus confirment donc bien deux conclusions émises à propos d'un précédent travail localisé (J.P. MULLER, 1977b), en permettant une certaine généralisation :

- 1/ Il existe une corrélation entre les évolutions des quatre données macroscopiques : couleur, structure, texture, matière organique. Les sols le plus jaunes des avals sont en même temps les plus grossièrement structurés, les plus sensibles au lessivage, et ceux dont la matière organique marque le plus profondément la morphologie des horizons supérieurs.
- 2/ Le lessivage, processus que, délibérément, nous n'avons pas traité à part, et qui résulte d'une séparation du plasma et du squelette, est bien fonction de la maturation structurale : Il est potentiellement et actuellement le plus sensible sur les sols jeunes, encore peu structurés, ou les sols plus vieux mais "microlysés", donc à structure dégradée, lesquels sont surtout (en extension) des sols "jaunes" (ou "jaunes sur rouges" cf. ci-après).

Nous aurons à revenir sur ce lien entre la maturation structurale et la susceptibilité des sols ferrallitiques au lessivage (ou, d'une façon plus générale, à la dégradation).

Les sols des modelés convexes de ce bassin versant se différencient donc des sols rouges par le contraste de leurs horizons humifères et B de consistance, et l'absence d'horizon aliatique. En outre les horizons mixtes à phases polyédriques et microstructurés et les horizons B profonds et denses sont réduits, voire absents, du fait de la généralisation à faible profondeur du processus de réticromation.

413 - Réticromation et induration des horizons B profonds.

4131 - Sols des modelés convexes :

Tous les profils décrits, à l'exception de certains profils de rupture de pente, présentent, entre 2 et 3 M, une phase rouge et dense, envahissant progressivement les horizons et dont les caractéristiques (notamment structurales) sont voisines de celles des horizons meubles et profonds des sols rouges. Mais dans tous les sols, cette phase se ferritise plus ou moins rapidement en profondeur. Une induration peu profonde est donc généralisée sur ce bassin versant.

La continuité entre les phases et horizons meubles et les phases et horizons ferritisés puis indurés est toujours constatée, ainsi que la progressivité des transitions entre ces horizons et l'altérite, quand cette dernière est atteinte. Il ne fait donc guère de doute que cette induration se développe à la base du solum, dans l'altéroplasma et le pédoplasma peu structuré. Très graduelles dans les sols bruns d'amont des modelés convexes à forte dénivelée (S 3), ces transitions le sont progressivement moins vers les avals ou dans les modelés à dénivelée plus faible (cf. S 2) : A l'amont de S 3, un horizon profond, polyédrique et dense, voisin de celui des sols rouges précités, est observé; ce dernier s'amenuise vers l'aval de la même séquence ou à l'amont de S 2 tout en perdant sa relative homogénéité (taches, début de ferritisation localisée...), et disparaît à l'aval de cette dernière séquence pour laisser place à un horizon "bariolé" peu épais surmontant une carapace.

L'induration, si elle est généralisée, reste néanmoins modérée. La plus forte à l'aval des séquences, elle ne dépasse pas le stade de la carapace. Elle ne présente donc aucun des traits d'une induration ancienne : Redistribution de fer (cuticules ferrugineuses), massivité, dominance de la phase à structurlithologique conservée etc... (ESCHENBRENNER, GRANDIN, 1970). En outre ces horizons ferritisés et indurés sont fragiles comme en témoigne l'abondance des taches de décoloration-déferuginisation, particulièrement dans leurs parties les plus argileuses (pédoplasmiques).

Ces caractéristiques intrinsèques et relatives de ces horizons attestent le caractère actuel (ou subactuel) de ce phénomène d'induration et un équilibre relatif des horizons correspondants/dans le paysage : Nous avons vu à propos de S 23 qu'un changement des conditions pédoclimatiques (carapace peu profonde de bas de pente dégradée à la fois à son sommet et à sa base) était générateur de discontinuités ("dynamiques endogènes") entre les horizons indurés et meubles. Le facteur temps agirait dans le même sens : Sous l'érosion sélective du temps les phases les moins connectives, de moindre consistance, non consolidées, disparaissent, et les objets tendent automatiquement à se réduire à leur portion les plus résistantes et les plus amples.

La décoloration de la partie supérieure des sols comme l'induration de leurs horizons profonds sont donc généralisés sur ce bassin. En outre ces deux processus atteignent leur maximum respectif en bas de pente. Il paraît donc exister un lien génétique entre la décoloration (=déferritisation) de la partie supérieure des sols et la ferritisation de leur partie profonde.

4132 - Sols des collines hautes :

On observe aussi dans ces sols, pourtant situés sur un modelé très accusé, donc en position d'excellent drainage externe, une phase indurée discontinue, dont le faciès et le gradient de différenciation verticale à partir de l'altérite suggèrent qu'elle s'est essentiellement développée à partir d'un altéro-plasma.

Elle est constituée de cailloux et blocs durs de roche présentant un cortex d'autant plus ferruginisé qu'il est altéré, et de nodules arrondis, de petite taille (0-5 MM) et très durs. La ferruginisation intersticielle des quartz de différentes tailles et fortement fragmentés témoigne d'une intense libération de fer lors de l'altération.

La discontinuité de cette phase par rapport à la matrice meuble emballante, son faciès plus altéromorphe que la phase indurée des sols précédents, la concentration des éléments indurés à la partie supérieure et superficielle de l'horizon grossier, et le gradient décroissant de nombre et de dureté de ces éléments, sont autant de traits qui, sur modelé convexe et dans d'autres régions, permettent de diagnostiquer une induration ancienne, démantelée et "remaniée". Dans ce cas, bien qu'il soit difficile d'apprécier l'âge de l'induration, ce diagnostic ne serait cependant pas contradictoire avec la relative jeunesse du matériau meuble : Sur pentes fortes, les sols sont constamment rajeunis par érosion et l'altération "réactivée" produit un matériau argilo-ferrugineux détruit et déblayé avant d'avoir atteint sa "maturité". Cependant, cette accumulation ferrugineuse serait ici difficilement reliée à une vieille surface d'aplanissement. En outre, la constance d'auréoles rouge vif, ferruginisées et variablement indurées autour des taches ou poches d'altérite, lesquelles sont en continuité avec la matrice emballante, témoigneraient de l'actualité de cette induration ferrugineuse.

Cette dernière hypothèse nous semble la plus plausible. Dans des conditions pédoclimatiques "agressives" et saisonnièrement fluctuantes (profil peu épais), le fer se concentre là où il est libéré (altéroplasma) par un processus plus classique de nodulation ferrugineuse. La faible perméabilité du sol (faible maturation structurale, texture argilo-limoneuse apparemment à l'origine d'une médiocre porosité de constitution), comme la nature de la roche-mère, favorisent cette nodulation. Le matériau originel, riche en quartz et en fer (grenats abondants) produit peu de matériau argileux et chaque grenat semble constituer un noyau potentiel de ferritisation; ce qui expliquerait l'abondance de nodules arrondis et de petite taille.

Les conditions pédogénétiques actuelles de ces sols permettent donc une évolution qui, ailleurs ou lors de pédogénèses passées, demanderait ou aurait nécessité un temps d'évolution nettement plus long.

414 - Conclusions sur l'évolution des sols des modelés convexes :

La distinction macromorphologique entre les sols rouges profonds et microstructurés situés plus au Nord (J.P. MULLER, 1977) et les sols "jaunes" de ce bassin (HUMBEL, 1976) paraît donc reposer sur des différences de nature et de comportement du couple fer-argile.

- Dans les sols rouges les liaisons fer-argile sont relativement stables (CHAUVET et al., 1967, 1969) au sein d'organisations bien différenciées et de petite taille, les micropeds (plasma de type granulaire, BEAUDOU, à paraître). En outre, le fer ne paraît pas s'individualiser actuellement sous forme figurée dans des horizons ferritisés (exception faite des bas de pente) : Les principales formations indurées, discontinues avec les formations meubles encaissantes, sont essentiellement relictuelles de pédogénèses anciennes.

- Dans les sols "jaunes" de ce bassin les liaisons fer-argile sont moins stables. Cela se traduit :

. A l'échelle du profil par l'individualisation, et localement la disjonction, d'un matériau ferritisé dans lequel la dynamique du fer prédomine - ce dernier figeant en les consolidant des organisations pédologiques encore peu différenciées de la base des profils - et d'un matériau argileux dans lequel la fraction argileuse prend génétiquement et morphologiquement une importance prépondérante.

. Au niveau de ce matériau argileux meuble, par une matrice plus continue du fait d'une maturation structurale plus faible et de la fragilité des assemblages plasmi-ques, caractères conférant à ce matériau une susceptibilité plus grande à la microlyse plasmi-que puis au lessivage.

Seules des études très fines de géochimie, physico-chimie et des organisations à des échelles microscopiques permettraient de déterminer l'origine de ces dissemblances.

42 - Variations latérales des organisations.

421 - A l'échelle de l'unité de modelé :

Le nombre insuffisant de fosses et leur profondeur limitée ne permettent pas d'accéder à une connaissance approfondie de la géométrie des horizons ou des "compartiments" (GAVAUD, 1976) à l'échelle de l'unité de modelé. Mais l'observation ponctuelle des variations latérales de quelques caractères suffit pour dégager certaines règles qui président à la différenciation et à l'organisation spatiale des sols, et appréhender ainsi le degré d'homogénéité du comportement de ces derniers. Les données précédentes nous permettent ainsi de distinguer deux ensembles de modelés :

a - Les collines hautes : Les sols qu'elles portent ne présentent que de faibles variations latérales. Cela nous a permis de ne choisir qu'un profil-type. A une unité de modelé de cet ensemble ne correspond donc, approximativement, qu'un seul "pédon" (BOULAIN, 1969). Dans ces sols que nous avons qualifié de "pénévolés" les variations morphologiques sont fréquemment liées à une hétérogénéité structurale du matériau originel, qu'une altération certes ferrallitique mais insuffisamment profonde n'a pas totalement effacé : On distingue des changements de faciès mais pas de mutation fondamentale au niveau des principaux processus de pédogenèse. Une étude fine de la répartition et de l'évolution de la phase indurée le long de la pente pourrait cependant moduler notre appréciation à propos de S 1.

b - Les modelés convexes : Sur ce type de modelé une différenciation latérale des organisations est indéniable. Mais nos fosses n'ont pas atteint les horizons profonds, donc d'éventuelles structures reliques de pédogenèses anciennes, telles que des horizons nodulaires ou des cuirasses signalées par HUMBEL à plus de 6 M. Nous ne pouvons donc dire si ces organisations profondes interfèrent sur l'organisation latérale des horizons supérieurs (de 0 à 3 M). Nous nous contenterons donc de relater des faits relatifs à cette tranche de sol.

Nous avons vu à propos de la séquence S 4 qu'il semblait possible de distinguer des "structures" de différents ordres :

- Des structures de 1er ordre traduisant une variation latérale assez continue des organisations : Décoloration et induration des horizons globalement croissants de l'amont vers l'aval, et contraste des horizons évoluant dans le même sens, par exemple.

- Des organisations de second ordre correspondant à des variations d'intensité des processus à l'intérieur des "compartiments" précédents. Ces phénomènes présentant une certaine périodicité, il apparaît donc que la continuité latérale des organisations est moins évidente qu'elle ne semble dans une première approche. Dans certains cas elle pourrait même être profondément perturbée (étude en cours). L'existence d'une succession de maxima et de minima dans l'intensité et la manifestation morphologique de ces phénomènes (tranche de sol affectée), sorte de progression latérale par "sauts génétiques", paraît traduire une influence en retour des organisations de premier ordre, dont l'équilibre est déterminé à l'échelle du modelé, sur les conditions locales d'évolution des matériaux (à l'échelle du profil). Les organisations de second ordre résultantes peuvent à leur tour influencer sur l'évolution des organisations primaires ou induire des processus et des organisations tertiaires. D'où l'apparente complexité de cet enchevêtrement de "structures" que seule une étude fine sur fosses profondes et rapprochées permettrait de démêler.

Néanmoins, le développement et le contraste de ces différentes organisations fluctuant avec certaines caractéristiques topographiques telles que la dénivelée, la convexité des versants, leur pente et leur mode de raccordement aux bas-fonds, il nous est possible de distinguer plusieurs unités morpho-pédogénétiques aux comportements variés (cf. aussi conclusions). On distinguerait ici (liste non limitative) :

- Des modelés très convexes à forte dénivelée (type S 3) : Sols les plus bruns dont la maturation structurale est la plus forte. Progressivité des transitions. Contraste le moins marqué entre organisations. Horizons indurés profonds in-

fluant peu sur l'organisation des horizons meubles épais. Faible variation latérale des caractéristiques de ces derniers (exception faite des sols de l'extrême aval). Sensibilité la plus faible aux pédogenèses superficielles.

- Des modelés convexes à faible dénivelée (type S 2) : Processus de décoloration et d'induration exacerbés. Contraste accru entre horizons. Compartiment induré plus superficiel. Ce dernier pouvant interférer secondairement sur l'organisation des horizons meubles. Maturation structurale plus faible des matériaux jaunes et susceptibilité aux pédogenèses superficielles (microlyse, lessivage). Différenciation latérale des organisations évidente dès la surface et géométrie des horizons rendue complexe par l'existence d'organisations de second ordre.

- Des modelés convexo-concave (type S 4) : Sols combinant les processus et organisations de l'une et/ou l'autre des unités précédentes suivant la dénivelée, avec un développement hypertrophié des processus et organisations caractéristiques des avals : Induration, décoloration, structurolyse et lessivage "remontant" le versant.

Suivant les terminologies de BOULAIN (1969) et GAVAUD (1976) les sols de ces modelés s'organisent suivant des séquons, découpables ou non en plusieurs génons ou caténons.

422 - A l'échelle du bassin versant :

On constate une certaine répartition ordonnée de ces différentes unités morpho-pédogénétiques à l'échelle de ce bassin versant. Des têtes de thalwegs vers le réseau principal (dans une direction approximativement Est-Ouest), on observe successivement:

- Les collines hautes à "pédon pénévolué unique"
- Les modelés convexes à forte dénivelée, adossés à ces collines, à faible différenciation latérale.
- Les modelés convexes à plus faible dénivelée, à différenciation latérale et contraste des organisations pédologiques plus marquées sur le versant.

- Les modelés convexo-concaves, dont la pédogenèse "remontante" d'aval renforce plus ou moins fortement ces différenciations et ces contrastes suivant l'importance de la dénivelée.

Suivant cet axe de différenciation des paysages, il semble bien qu'à l'influence prépondérante du substratum géologique se substitue progressivement celle du drainage externe : Le meilleur vers les têtes de thalweg (avals convexes, abaissement du niveau de base), le moins bon vers le réseau principal (avals concaves, remontée du niveau de base par ennoisement des bas-fonds larges et plats).

423 - A l'échelle régionale :

Il est délicat d'établir des comparaisons dans une région qui n'a pas fait l'objet d'une cartographie systématique. Nos seules références sont les sols rouges de Yaoundé.

Nous avons vu que les sols de ce bassin s'en distinguaient par une décoloration plus ou moins intense mais généralisée des horizons meubles, et par une ferritisation "actuelle" des B polyédriques profonds, en continuité avec une carapace située à la base du solum. L'organisation générale des profils est cependant proche de celle des sols rouges et l'on retrouve en particulier la succession verticale d'horizons humifères, B de consistance, B finement structurés, puis B progressivement plus grossièrement structurés.

Mais du fait d'une liaison fer-argile probablement plus fragile, une certaine séparation des constituants s'opère à l'échelle du profil : Le fer, en s'accumulant préférentiellement à la base, ferritise les B polyédriques (alors très rouges) et d'une certaine façon fige leur organisation en contrariant, sinon stoppant, leur structuration; l'argile forme dans les horizons meubles supérieurs (alors "jaunes") des organisations imparfaitement différenciées et relativement instables, donc aisément détruites par microlyse puis lessivage.

L'appellation "sols jaunes" n'est donc en fait relative qu'aux horizons supérieurs et fait abstraction de la couleur rouge

des horizons profonds, lesquels peuvent ne pas être atteints dans une fosse "classique" de moins de 2 M. La dénomination de "sols rouges" exprime bien par contre le caractère ~~rouge~~ de tout le solum : Rouges en surface, les horizons le sont à fortiori en profondeur (sauf cas de décoloration par battement de nappe aux avals, J.P. MULLER, F.X. HUMBEL, 1977). Les quelques profils observés sur ce bassin nous ont prouvé qu'il existait toute une suite d'intergrades entre ces sols "rouges" et "jaunes". Cette distinction des sols basée sur les seuls critères de couleur des horizons supérieurs nous semble donc superficielle. Cette couleur n'est en fait qu'une des expressions morphologiques d'un processus géochimique (genèse et comportement du couple fer-argile) continu, dont le développement et les effets sur l'organisation des constituants ne peuvent être appréhendés et étudiés qu'à l'échelle minimum du profil, et plus probablement celle de la séquence, voire de la région. On retrouve là les difficultés d'étudier des éléments disjoints et les risques qu'une telle démarche fait courir en rompant la continuité des systèmes naturels : "Les différentes parties (d'un système) doivent être reliées dans l'espace et dans le temps de telle sorte que les différents systèmes puissent être comparés et le même système suivi à travers une séquence de changement dans le temps" (J.P. MULLER, 1977f).

En attendant que cette distinction entre sols "rouges" et "jaunes" puisse reposer sur des bases génétiques sûres et qu'une autre dénomination soit trouvée, l'appellation "sols jaune/rouge" (par exemple) refléterait mieux la dynamique des sols de ce bassin, et très probablement celle de nombreux autres sols qualifiés de "jaunes".

Quant à la répartition spatiale de ces sols à l'échelle régionale nous ne pourrions en définir les lois que par une étude continue des organisations à des échelles supérieures à celles de ce bassin versant. Il semble néanmoins certain que la fréquence de ces sols "jaune/rouge" croît du Nord au Sud (J.P. MULLER, 1977c), et il est alors possible que plus au Sud (Gabon ?) on trouve de véritables sols "jaunes", c'est-à-dire dont tout le solum est de teinte 10 YR.

3 - CONCLUSIONS :

Du point de vue du pédologue deux groupes de facteurs influencent la dynamique de l'eau : Les organisations du substrat pédologique et les facteurs de l'environnement du sol. Ces derniers interviennent sur les bilans hydriques soit directement, soit par le biais de la pédogenèse. Le facteur sol a été évidemment au centre de nos préoccupations.

La brève étude pédogénétique entreprise n'a été abordée que d'un point de vue statique, sur la base d'une analyse exclusivement macromorphologique. Bien que limitée, elle nous a cependant enseigné que les sols de ce bassin versant étaient moins homogènes qu'ils ne paraissaient au premier abord, et qu'une étude complète des transferts et des bilans de l'eau devait obligatoirement être envisagée à plusieurs échelles correspondant à différents niveaux d'organisation du matériau pédologique.

Notre travail a donc essentiellement consisté en un inventaire (malheureusement incomplet) des processus pédogénétiques élémentaires et une recherche des lois de l'organisation et de la répartition des différents constituants du sol, de l'échelle de la phase à celle du paysage.

Il est évident, qu'une fois reconnues ces différentes organisations, une étude dynamique complémentaire, se situant à l'amont de l'approche globale de l'hydrologue qui travaille à l'échelle du bassin versant, devrait être menée afin de dégager les références utilisables pour comprendre l'influence de la distribution de ces différentes organisations sur le régime de l'écoulement et le bilan de l'eau à l'échelle de différentes unités. Ce travail, du type de celui exécuté par HUMBEL (1976), ne pourra être réalisé sur ce bassin versant. En l'absence de ce maillon indispensable, l'intérêt de nos données pédologiques brutes sera d'autant réduit pour l'interprétation du bilan hydrologique de ce bassin versant. Nous profitons cependant de cette occasion pour insister sur cet aspect méthodologique fondamental : Une collaboration entre pédologues et hydrologues n'est réellement fructueuse que si, une fois reconnus par le pédologue les différents

niveaux d'organisation des sols, une étude de dynamique actuelle à ces différentes échelles précède l'interprétation des données recueillies par l'hydrologue à l'échelle du bassin versant.

A défaut de pouvoir associer les mécanismes de transfert de l'eau à des propriétés physiques mesurées du milieu, nous ne pouvons qu'évaluer l'influence de l'état du sol à travers certaines caractéristiques morphologiques, et particulièrement structurales, qui déterminent la porosité. Cette estimation a donc pu être faite à différents niveaux d'organisation :

a/ Au niveau de la phase : Chaque phase exprime morphologiquement un processus pédogénétique élémentaire.

- L'altération ferrallitique produit un matériau meuble sans organisation structurale de type pédologique : La phase altéritique conserve un agencement plus ou moins proche de celui de la roche. Arène résiduelle à squelette abondant, elle présente généralement ici une très forte porosité intersticielle.

- L'altéroplasation puis la pédoplasation fournissent un plasma de néosynthèse qui, à ses premiers stades de différenciation, apparaît continu, grossièrement et faiblement structuré (volume des vides faible entre agrégats), faiblement pédoturbé. Sa porosité est moyenne.

- La microstructuration, fragmentation par réticulation de ce pédoplasma, lequel devient alors progressivement discontinu, engendre une très forte porosité d'origine structurale, généralement renforcée par l'activité pédoturbatrice de la faune exacerbée dans ce matériau préalablement ameubli. La phase microstructurée, d'autant plus développée que le matériau des horizons B affecté est rouge, permet en outre une diffusion homogène des solutions du sol (phase homogènement humectée ou desséchée).

- La ferritisation de l'altéroplasma et du plasma non microstructuré de profondeur est par excellence un facteur d'imperméabilisation : Contrariant simplement la maturation structurale quand elle est peu prononcée, l'accumulation ferrugineuse limite la porosité de constitution en se développant. Les matériaux fortement indurés sont quasi imperméables.

- La microlyse plasmique ou phénomène de déstructuration des matériaux meubles provoque une baisse très sensible de la

porosité-perméabilité. A la structure très fine de la phase microstructurée se substitue une structure moyenne puis grossière. Les agrégats devenant en même temps plus denses à la suite de cette "fonte" des microstructures, la porosité tend à se limiter à des fissures. Outre que l'écoulement de l'eau peut être globalement plus difficile, les vides, alors grossiers, assurent le transfert de l'eau mais difficilement sa rétention, et l'humectation de la phase microlysée devient hétérogène (au moins en début d'humectation). Cette microlyse est potentiellement la plus forte dans les matériaux les plus jaunes et les plus jeunes.

- Au lessivage des horizons de surface, processus d'autant plus marqué que le matériau est préalablement plus "microlysé", correspond un accroissement de la porosité mais une diminution de la capacité de rétention en eau de la phase éluviée. L'évolution du plasma argileux permet le développement d'une porosité intergranulaire qui pallie les insuffisances de la porosité d'origine structurale.

- L'accumulation organique responsable d'une structuration de type grumeleux, est par excellence un facteur de développement de la porosité.

b/ Au niveau de l'horizon, du "compartiment" ou du "sous-système" pédologique(1) : Nous avons vu, tout au long des précédentes descriptions de profils, que rares étaient les horizons homogènes, c'est-à-dire ne présentant qu'une seule des phases précitées. Parmi eux on peut distinguer quelques horizons humifères minces et grumeleux sous forêt, quelques horizons fortement microlysés sous culture, des horizons fortement et uniformément indurés de bas de pente, et les horizons altéritiques profonds. La plupart des horizons présentent donc, associées, plusieurs des phases précédentes. Chaque horizon dérivant de la transformation des horizons sous-jacents, il s'agit souvent de phases résiduelles traduisant une évolution incomplète du matériau au niveau de l'horizon considéré : Phase altéritique dans un B argileux profond, phase polyédrique dense dans un B en voie de microstructuration, phase microstruc-

(1) "Un compartiment est un volume quelconque de sol, soit possédant une limite naturelle, soit isolable fictivement un peu à la façon d'une "boîte noire" éventuellement mais non obligatoirement, doté d'une certaine homogénéité ou régularité spatiales, naturelles ou de convenance. Un sous-système est un compartiment individualisable par sa constitution par son organisation, par ses relations internes, par des limites naturelles, à l'intérieur du système (GAVAUD, 1976).

turée dans un B de consistance, agrégats grossiers, argileux et denses dans un horizon humifère appauvri, sablo-argileux et friable.... L'hétérogénéité induite par ces associations et les différences de comportement entre phases s'exacerbent encore quand un processus supplémentaire affecte sélectivement l'une ou l'autre des phases : Ainsi la ferritisation des B profonds ne provoque une baisse de porosité qu'au niveau de la seule phase polyédrique et dense, alors que la phase restée meuble devient encore plus poreuse du fait de la pédoturbation, la faune concentrant son activité dans la phase non ferritisée. Dans ces horizons à phases contrastées il devient alors délicat d'évaluer globalement la porosité, une diminution de cette dernière au niveau d'une phase pouvant être compensée par son développement au niveau de la phase associée. Dans le sens d'une porosité-perméabilité croissantes la suite des horizons serait approximativement la suivante : Horizons humifères - B microstructurés - altérite - B faiblement et partiellement ferritisés - B de consistance - BC induré.

c/ Au niveau du pédon : "Le pédon est, dans l'optique verticaliste, le plus petit volume de sol où toutes les caractéristiques matérielles peuvent être définies avec leur part de variabilité aléatoire ou répétitive" (GAVAUD, 1976). Comme à l'échelle de l'horizon, les difficultés d'évaluation de la porosité-perméabilité sont proportionnelles au degré d'hétérogénéité du profil, fonction du contraste des horizons. Le classement proposé n'est donc que l'expression d'un jugement empirique et imprécis, basé sur une évaluation du rôle de chacun des critères précédents. Dans le sens d'une porosité-perméabilité décroissante nous rangerions :

- Les sols sablo-argileux des bas-fonds
- Les sols bruns de l'amont des modelés convexes à forte dénivelée : Horizons meubles épais et peu contrastés; microstructure la plus développée; B de consistance peu marqué; horizons humifères grumeleux; B ferritisés profonds influant peu sur l'infiltration.
- Les sols jaunes puis bruns, de mi-pente sur ces mêmes modelés, ou d'amont sur les modelés à dénivelée plus faible : Contraste des horizons légèrement plus prononcé; microstructure légèrement moins développée; horizons de consistance un peu plus marqué et épais; horizons humifères légèrement appauvris et plus massifs; phases et horizons ferritisés moins profonds et plus contrastés.

- Sols jaunes de l'aval des modelés convexes à faible dénivelée : Contraste accru entre des horizons humifères appauvris, des B de consistance nets, des B à structure fine peu développée, et des B plus fortement ferritisés et peu profonds.
- Sols des bas de pente : Entièrement jaunes, grossièrement structurés, compacts, à horizons indurés peu profonds.
- Sols pénévulés des collines hautes : Faiblement structurés, compacts.

La mise en culture a pour effet d'exacerber le processus "d'appauvrissement" en argile des horizons supérieurs tout en accentuant le contraste des horizons : Les horizons B de consistance sous cultures sont plus compacts, plus durs et plus épais que sous forêt. Un sol mis en culture passerait d'une classe de porosité-perméabilité dans la classe inférieure.

d/ Au niveau du séguon ou caténon : La direction d'organisation est cette fois oblique. Nos considérations sur les variations latérales des organisations à l'échelle de l'unité de modelé nous ont amené à distinguer plusieurs unités morpho-pédogénétiques (cf. § 421). En y associant le classement précédent à l'échelle du pédon, on constate que ces unités correspondent à différents systèmes hydro-dynamiques. En classant ces unités hydrodynamiques par contraintes croissantes vis-à-vis du drainage vertical on aboutit à la liste suivante :

- Couverture pédologique des modelés convexes à forte dénivelée
- Couverture pédologique des modelés convexo-concaves à forte dénivelée
- Couverture pédologique des modelés convexes à faible dénivelée
- Couverture pédologique des modelés convexo-concaves à faible dénivelée
- Couverture pédologique des collines hautes.

e/ Au niveau du bassin versant :

La couverture pédologique des sous-bassins S 1 et S 2, aux surfaces réduites, est relativement homogène : Les modelés sont convexes et de dénivelée voisine de 50 à 60 M. Leurs unités hydro-

dynamiques se classent donc parmi les plus poreuses.

Par contre, sur le sous-bassin S 3, nettement plus étendu (IKOUNGA, 1977), toutes les unités hydrodynamiques différenciées sont représentées. On constate que les dénivelées se réduisent de l'Est vers l'Ouest, en même temps que les bas-fonds s'élargissent et que les bas de versants deviennent plus concaves. Si l'on se réfère au classement précédent des unités hydrodynamiques, la couverture pédologique du sous-bassin S 3 tendrait donc à être globalement de moins en moins poreuse et perméable de l'amont vers l'exutoire, exception faite des collines hautes aux sols peu poreux.

BIBLIOGRAPHIE :

- BEAUDOU (A.G.) - La microagrégation dans les sols. A paraître, Encycl.Earth Sci.
- BEAUDOU (A.G.), CHATELIN (Y.), COLLINET (J.), MARTIN (D.), SALA (G.H.), 1977.- Notes sur la micromorphologie de certains sols ferrallitiques jaunés des régions équatoriales d'Afrique. Multigr.ORSTOM Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), 16 p., 22 photos.
- BOULAIN (J.), 1969.- Sol, pédon; géon. Concepts et définition. Bull.A.F.E.S., 2 : 31-40.
- BOULET (R.), 1974.- Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibres dynamiques et bioclimats. Thèse ORSTOM, Strasbourg, ronéo 330 pages.
- CHATELIN (Y.), MARTIN (D.), 1972.- Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, sér.Pédol., X, 1 : 25-44.
- CHAUVEL (A.), 1976.- Recherches sur les transformations des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges en Moyenne Casamance. Trav.Doc.ORSTOM, n° 62, 543 pages.
- CHAUVEL (A.), MONNIER (G.), 1967.- Sur la signification générale de l'analyse granulométrique en pédologie; examen des problèmes posés par la caractérisation de la texture de certains sols tropicaux. C.R.Acad.Sci., Paris, 164-D, pp.1969-1972.
- CHAUVEL (A.), PEDRO (G.), 1967.- Considérations sur l'analyse granulométrique et le problème de la détermination de la constitution minéralogique élémentaire de certains sols tropicaux; nécessité et limites de la déferrification. C. R.Acad.Sci., Paris, 264-D, pp. 2089-2092.
- CHAUVEL (A.), FAUCK (R.), 1969.- Sur la mise en évidence et la caractérisation d'un horizon B dit de comportement dans les sols de Casamance (Sénégal). C.R.Acad.Sci., Paris, t.269, pp. 2080-2083.
- CHAUVEL (A.), PEDRO (G.), TESSIER (D.), 1976a.- Rôle du fer dans l'organisation de matériaux kaolinitiques. Etudes expérimentales. Science du Sol, 2, 101-113.
- CHAUVEL (A.), PEDRO (G.), MELFI (A.J.), 1976b.- Recherches sur la constitution et la genèse des Terra Roxa Estruturada du Brésil. Introduction à une étude de pédogenèse ferrallitique. Ann.Agron., 27, 3 : 265-294.
- CHAUVEL (A.), BOCQUIER (G.), PEDRO (G.), .- La stabilité et la transformation de la microstructure des sols rouges ferrallitiques de Casamance (Sénégal). Analyse microscopique et données expérimentales. A paraître.
- ESCHENBRENNER (V.), GRANDIN (G.), 1970.- La séquence des cuirasses et ses différenciations entre Agnibilékrou (Côte d'Ivoire) et Diébougou (Haute-Volta). Cah.ORSTOM, sér.Géol., II, 2 : 205-245.

- FLACH (W.), CADY (J.G.), NETTLETON (W.D.), 1968.- Pedogenetic alteration of highly weathered parent materials. Trans. 9th. Intern. Congr. Soil Sci., vol. IV, 343-351.
- GAVAUD (M.), 1977.- Essai sur la classification génétique des sols. A paraître Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, n° 1.
- HELL (R.D.), BUNTLEY (G.J.), 1965.- A comparison of the characteristics of the ped faces and ped in prior of the B horizon of a chesnut soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 29, 5 : 583-587.
- HUMBEL (F.X.), 1976.- L'espace poral des sols ferrallitiques du Cameroun. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 54, 306 p.
- IKOUNGA (M.), 1977.- Etude du mécanisme de ruissellement sur sol ferrallitique sous forêt B.R.E. d'OTTOTOMO
A. paraître : thèse de Docteur-Ingénieur PARIS VI
- KHALIFA (E.M.), BUOL (S.W.), 1969.- Studies of clay skins in a Cecil (Typic Hapludult) soil : II. Effect on plant growth and nutrient uptake. Soil Sci. Am. Proc., 33 : 102-105.
- MARTIN (D.), 1966.- L'hydromorphie dans les sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., IV, 4 : 39-43.
- MULLER (J.P.), 1974.- Introduction à l'étude de trois topcséquences situées entre Goyoum et Deng-Deng. Première mise au point morphologique. Multigr. ORSTOM-YDE (Cameroun), 19 p., 4 planches.
- MULLER (J.P.), 1974.- Transport et accumulation de matière en domaine ferrallitique camerounais. Premières données morphologiques et interprétations. Multigr. ORSTOM-YDE, 19 p., 7 planches.
- MULLER (J.P.), 1977a.- Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques, à l'amont des modelés convexes (Centre-Cameroun). Aspects morphologiques. A paraître, Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XV, n° 2.
- MULLER (J.P.), 1977b.- La microlyse plasmique et la différenciation des épipédons dans les sols ferrallitiques rouges du Centre-Cameroun. A paraître, Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XV, n° 3
- MULLER (J.P.), 1977c.- La séquence verticale d'organisation des horizons meubles ferrallitiques au Cameroun. Variations en latitude en fonction du pédoclimat et de l'âge des sols. A paraître, Cah. ORSTOM, sér. Pédol.
- MULLER (J.P.), 1977d.- Les phénomènes de discontinuité en pédologie. Application au domaine ferrallitique. Illustration par des exemples camerounais. Multigr. ONAREST-IRAF, 33 p., cote P. 207.
- MULLER (J.P.), 1977e.- La maturation structurale des horizons B meubles et rouges des sols ferrallitiques du Centre-Cameroun. Comm. Journ. Pédol. ORSTOM. Multigr. ONAREST-IRAF, Cote P. 209.
- MULLER (J.P.), 1977f.- Le problème des frontières du système-sol. Application à la méthodologie de l'étude du phénomène

d'appauvrissement en argile des sols ferrallitiques.
Multigr.ONAREST-IRAF, 13 p., cote P. 205.

- MULLER (J.P.), HUMBEL (F.X.), 1977.- Etude d'une toposéquence de sols ferrallitiques rouges de l'Est du Cameroun. Organisation macromorphologique, caractéristiques physiques et hydriques. Multigr.ONAREST-IRAF, 144 p., 28 fig., cote P. 204.
- SOILEAU (J.M.), JACKSON (W.A.), McCracken (R.J.), 1964.- Cutans (clay films) and potassium availability to plants. J.Soil Science, 15 : 116-123.
- TESSIER (D.), 1975.- Recherches expérimentales sur l'organisation des particules dans les argiles. Thèse C.N.A.M., Paris, 231 pages.
- TESSIER (D.), PEDRO (G.), 1976.- Les modalités de l'organisation des particules dans les matériaux argileux. Science du Sol, 2 : 85-99.

A N N E X E S.

Descriptions de profils

S11 : Sommet d'interfluve plan, étroit. Forêt dense. litière quasi continue.

0 - 5 CM : Frais / 5 YR 3/3 / brun-rougeâtre foncé / homogène / quelques agrégats 5 YR 3/4-4/4, à la base / Argilo-limoneux / structure très nette / polyédrique subanguleuse / moyenne et fine / associée à grumeleuse fine / volume des vides assez important entre agrégats / très poreux / très friable / les plus gros agrégats friables / matrice racinaire très dense / forte activité / limite distincte/ondulée.

5 - 20 CM : Humide / 5 YR 4/4 / humide / brun rougeâtre / taches / 5 YR 3/3-3/2 / brun-rougeâtre foncé / diffuses / associées aux volumes pédoturbés / Abondants nodules / inf. 5 MM / très durs / rouge très sombre / à faciès argilomorphe, et cailloux. / émoussés / de roche ferruginisée à grenats / sable grossier, graviers et cailloux / de quartz et quartzite / ferruginisés/rouge vif / à gradient de ferruginisation centrifuge / argilo-peu limoneux / structure polyédrique, plus ou moins subanguleuse / fine et très fine / entre éléments grossiers / très meuble en haut à meuble en bas / poreux / structural et interstitiel / volume des vides très faible / faces luisantes et revêtements / peu nets mais abondants / sur faces structurales et éléments grossiers / plastique / collant / nombreuses racines/fines / chevelu dense / forte activité / transition distincte / ondulée à irrégulière.

20/35 - 80 CM : Humide / 2,5 YR 4/6 / humide / rouge / taches idem précédemment / associées aux macrovides / contrastées / à limites nettes / irrégulières ou tubulaires / argilo peu limoneux / nodules très abondants / inf. 5 MM / subarrondis / cailloux et blocs de roche ferruginisée et de quartz peu abondants / graviers, quartzeux, anguleux / moins fracturés / superficiellement ferruginisés / structure de roche reconnaissable par filonnets quartzeux / taches / 7,5-5 YR 5/8 / diffuses / associées à des vides / quelques taches diffuses d'altérite ferruginisée / à coeur rouge violacé / à muscovite / périphérie rouge vif argilomorphe / structure d'aspect massif / se débitant aisément en polyèdres fins et très fins / volume des vides très faible / pores nombreux / très fins et moyens / tubulaires / plastique / collant / revêtements organo-argileux / 5 YR 3/4-4/4 / associés à des vides / et 5 YR 4/8 / liés à quelques grandes faces structurales verticales / très luisantes / quelques racines/fines / chevelu / dans la masse / ou pénétrant les vides / nette diminution de densité racinaire / limite diffuse / régulière.

80-130 CM : Humide / 2,5 YR 4/6 / humide / rouge / quelques taches / 7,5 YR 5/8, 10 YR 6/8 / brun vif à jaune brunâtre / associées à des vides et aux faces structurales / rares taches plus sombres / liées à l'activité

biologique / diminution du nombre et de la taille des nodules /
Pratiquement plus d'éléments grossiers de la taille des graviers /
quartz moins abondants / nodules nombreux / arrondis / très durs /
inf. 5 MM / très sombres / argilo-peu limoneux / Paillettes
éparses de muscovite / aspect plus massif que précédemment /
débit polyédrique légèrement moins net / fin et moyen / pores
peu nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens et gros-
siers peu plastique / peu collant / revêtements peu nombreux,
mais nets et luisants / 3,75 YR 4/6 / sur grandes faces structu-
rales verticales / et associées à des vides / structure polyédri-
que très grossière subverticale / quelques racines fines / dans
la masse et surtout dans des vides / transition diffuse, réguli-
ère.

130 - 180 CM : Humide / 2,5 YR 4/6 / rouge / quelques taches /
10 R 4/8 / rouges / diffuses / à limites peu nettes / plus massi-
ves / associées à la périphérie de quelques taches à faciès al-
téromorphe / taches / 10 % / 7,5 YR 5/8 / à 10 YR 6/8 / brun vif
à jaune brunâtre / contrastées / à limites peu nettes / associées
à des vides et aux faces structurales / irrégulières ou en traî-
nées / nodules peu abondants / la plupart inf. à 3 MM / arrondis /
très durs / sable et graviers quartzeux / quelques cailloux de
quartz à la limite inférieure de l'horizon / argilo-limoneux /
massif à débit polyédrique / moyen et grossier / localement quel-
ques faces structurales nettes / pores nombreux / très fins et
fins / tubulaires / peu plastique / peu collant / paillettes
éparses de muscovite / revêtements idem / moins nombreux, moins
nets, moins luisants / quelques racines fines / dans la masse /
faible activité / transition diffuse, régulière.

180 - 250 CM : Frais / 2,5 YR 4/6 / rouge / taches en haut, à
nombreuses taches en bas / peu contrastées / à limites peu net-
tes / légèrement plus cohérentes / d'altérite / à hétérogénéité
diffuse de teinte / à plages rouge plus sombre ou plus vives
que la matrice / à squelette plus abondant / légèrement ferrugi-
nisées / massives / quelques nodules / idem précédemment / quel-
ques graviers de quartz/anguleux / peu ferruginisés / argilo-
limoneux / peu plastique / peu collant / massif à débit polyédri-
que / grandes faces structurales subverticales / volume des vides
très faible / pores nombreux / très fins et fins / paillettes de
muscovite éparses / plus nombreuses / revêtements idem / quel-
ques racines fines / transition diffuse, régulière.

250 - 300 CM : Frais / 2 phases associées / l'une altéritique
et altéromorphe / 40 % / en taches contrastées / aux limites peu
nettes / rouge violacé / à taches blanches, jaunes, et rouge vif/
massives / friables / l'autre argilo-limoneuse / 2,5 YR 4/6 /
rouge / à 5 YR 4/6 / rouge jaunâtre / à débit polyédrique fin et
moyen / poreuse / friable / rares revêtements / quelques racines/
fines dans la masse / quelques nodules "plomb de chasse" semblant
correspondre à des grenats ferruginisés.

S 13 : Tiers inférieur de pente / 60 % / érosion superficielle en nappes, marquées / racines déchaussées / litière discontinue / gradients centimétriques / sables déliés blanchis / horizon grumeleux très mince, discontinu.

0 - 7/8 CM : Humide / 7,5 YR 4/4 / brun / sur 2 CM supérieurs / puis 7,5 YR 5/6 / brun vif / taches diffuses / associées à l'activité biologique / argilo-limoneux / structure peu nette à localement nette / polyédrique subanguleuse grossière / volume des vides faible / pores nombreux / très fins et fins / tubulaires / légèrement cohérent / peu friable / peu plastique / peu collant / quelques pores moyens et grossiers / revêtements abondants / luisants / minces / 7,5 YR 4/4 / sur faces des agrégats / racines fines et chevelu dense / pénétrant et contournant les agrégats / activité forte / Transition distincte / ondulée.

7/8 - 40 CM : Humide / 5 YR 5/6 / rouge jaunâtre / argilo-limoneux / quelques nodules / très durs / inf. 5MM / structure nette / polyédrique moyenne / sous structure polyédrique fine localisée, sur structure polyédrique grossière / très meuble / pores nombreux / fins et très fins / peu à non friables / peu plastique / peu collant / faces des agrégats très luisantes / revêtements nets / abondants / associés aux faces structurales et aux vides / racines fines / chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / activité forte / pores moyens et grossiers / transition diffuse / régulière.

40 - 80 CM : Humide / 5 YR 5/6 / rouge jaunâtre / quelques nodules / argilo-limoneux / structure nette / polyédrique moyenne et fine / surstructure grossière / quelques grandes faces structurales subverticales très nettes / meuble / pores nombreux / très fins et fins / peu friable / peu collant / peu plastique / faces des agrégats luisantes / revêtements abondants / 5 YR 4/4 / nets / sur faces structurales et associés à des vides / racines fines et chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / activité forte / transition diffuse / régulière.

80 - 150CM : Légèrement humide / 3,75 YR 5/8 / humide / taches diffuses dans la masse / 5 YR 5/8 / brun vif / nodules / gradient progressif croissant vers la base / durs / arrondis / inf. 5 MM / quelques graviers / émoussés / quartz et quartzite ferruginisés / épars / argilo-limoneux / structure polyédrique/fine et moyenne / meuble / volume des vides très faible / pores très nombreux / très fins et fins / friable à peu friable / peu plastique / peu collant / revêtements encore abondants / luisants mais plus minces / les plus nets associés aux vides / diffus / abondantes faces luisantes / quelques paillettes micacées / quelques racines fines dans la masse / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

150 - 230CM: Frais à légèrement humide / 2,5 YR 4/6 / rouge / quelques taches / 5 YR 4/6 / rouge jaunâtre / à 10 YR 6/8 / jaune brunâtre / inf. 1 MM / contrastées / associées à des vides / et taches / très diffuses / peu contrastées / à faciès légèrement altéromorphe / 10 R 4/6 / rouge foncé / à auroles rouge vif / nodules moins abondants / gradient de nombre décroissant vers le bas / grandes taches / plus cohérentes / altéromorphes / argilo-limoneux / structure massive / débit polyédrique fin et moyen / volume des vides très faible / légère cohé-

sion / pores nombreux / très fins et fins / faces luisantes / revêtements diffus / peu nets / quelques racines / fines / dans la masse / transition diffuse, régulière

230 - 280CM : Frais / 2, 5 YR 4/6 / rouge / taches d'altérite / légèrement plus cohérentes / à limites nettes / à microtaches jaunes / à auréole argilomorphe 10 R 4/6 / taches jaunâtres moins abondantes / nodules moins abondants / graviers de quartz plus abondants, anguleux / à la partie supérieure notamment (filons ?) / argilo-limoneux / structure massive / débit polyédrique fin à grossier / volume des vides très faible / pores nombreux / très fins et fins / friable à peu friable / rares revêtements / transition diffuse / régulière.

280 - 340CM : Sensiblement idem / taches d'altérite multiformes - triques / légèrement plus cohérentes / de teinte hétérogène / périphérie rouge plus vif / quelques nodules / horizon d'aspect plus massif / légèrement plus cohérent / transition diffuse / régulière.

340 - 430 + : Frais / progressivement l'altérite en poches discontinues devient continue vers la base en prenant une teinte plus claire et une structure lithologique reconnaissable, incluant des grenats / friabilité croissante vers la base / matrice devient plus limoneuse, massive, poreuse / quelques nodules / friable.

S 14 : Bas de pente / 60 % / à 30 M tête de thalweg en "V" / affleurement rocheux / litière discontinue / plages de sol nu / racines déchaussées / horizon grumeleux mince et discontinu.

0 - 10 CM : Humide / 7,5 YR 5/4 haut à 5/6 bas / brun à brun vif / argilo-limono-sableux / structure peu nette / polyédrique subanguleuse / grossière / légèrement cohérente / volume des vides faible / pores nombreux / très fins et fins / peu plastique / peu collant / revêtements organo-argileux sombres / faces luisantes sur agrégats / nombreuses racines fines et moyennes / chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / transition distincte et ondulée / activité forte.

10 - 35 CM : Humide / 5 YR 5/6 / rouge jaunâtre / quelques nodules et graviers / de roche ferruginisée / argilo-limoneux / structure nette / polyédrique moyenne / légèrement cohérent / volume des vides faible / pores nombreux / très fins et fins / peu friable / peu plastique / peu collant / faces des agrégats luisantes / revêtements / 7,5 YR 5/4 / brun / sur faces des agrégats / pores moyens / racines fines et chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / transition diffuse / régulière.

35 - 65 CM : Humide / 5 YR 5/6 / rouge jaunâtre / quelques nodules de plus grande taille / quelques graviers ferrugineux / argilo-limoneux / structure nette / polyédrique / moyenne / sous-structure polyédrique fine / faces structurales marquées et planes plus nombreuses / volume des vides faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / peu friable / peu plastique / peu collant / racines fines et chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / transition diffuse / régulière.

65 - 110 CM : Sensiblement idem / nodules plus nombreux / graviers et cailloux / de quartzite / ferruginisés / graviers et cailloux de quartz / ameublissement / structure polyédrique / fine / accroissement de porosité / tubulaire moyenne notamment / revêtements argileux / 5 YR 5/6-5/4 / brun rougeâtre / peu contrastés / surtout associés à des vides / quelques racines fines dans la masse / activité moyenne / Transition diffuse / régulière.

110 - 200 CM : Frais / 2,5 YR 4/6 / rouge / nombreuses taches diffuses / 3,75 et 5 YR 4/8 / rouge jaunâtre / quelques taches / 7,5 YR 5/8 / brun vif / associées à des vides / et quelques taches / centimétriques / à limites peu nettes / 10 R 4/6 / rouge / plus quartzieuses / à faciès altéromorphe / légèrement ferruginisées / plus cohérentes / massives / paillettes mica-cées éparses / argilo-limoneux / quelques nodules / inf. 5 mm / subarrondis / sables et graviers quartzeux / graviers, cailloux, blocs assez abondants / de roche à faciès gréseux / anguleux / très durs / ferrugineux / structure massive / à débit polyédrique / fin / pores nombreux / fins et très fins / tubulaires / rares revêtements de vides / quelques racines / fines / dans la masse.

S 22 : Tiers inférieur de pente. Jachère récente. Pente 10 %.

0 - 7 CM : Humide / 10 YR 4/4-5/4 / brun jaunâtre foncé / assez homogène / quelques taches / 7,5 YR 5/6 / brun jaunâtre / au coeur des agrégats / à limites diffuses / peu contrastées / légèrement plus cohérentes / à peine moins poreuses / matière organique non directement décelable / sablo-argileux à sable grossier quartzieux / structure peu nette / polyédrique subanguleuse / moyenne et grossière / meuble / volume des vides très faible entre agrégats / pores très nombreux / très fins et fins / tubulaires et interstitiels / peu plastique / peu collant / faces luisantes / sables plus abondants sur les faces des agrégats / nombreuses racines / fines / dans la masse / chevelu dense / activité très forte / charbon de bois et traces de travail du sol / transition distincte / régulière.

7 - 25 CM : Humide / hétérogénéité de pénétration de l'eau / coeur des agrégats plus sec / forte humidité au niveau des fissures / faces très luisantes / 7,5 YR 5/6 / brun jaunâtre / argilo peu sableux / structure nette à très nette / polyédrique grossière et très grossière / volume des vides important entre agrégats / fissures verticales / 1 mm de largeur en sec / sur-structure prismatique très grossière localisée / pores moyens et grossiers assez nombreux / à ces pores phase 10 YR 5/4 associés, meuble, pédoturbée, très humide / masse des agrégats assez homogène / agrégats peu et non friables / plastique / collant / revêtements organo-argileux / luisants / abondants / épais / sur faces verticales des agrégats / chevelu dense / racines fines / préférentiellement dans les fissures / transition graduelle / régulière / activité forte.

25 - 80 CM : Humide / plus homogène / 7,5 YR 5/6 / brun jaunâtre / nombreuses taches en haut à taches en bas / 7,5 YR 5/4 / associées aux volumes pédoturbés ou diffuses à la périphérie plus poreuse des agrégats / étendues / de dimensions hétérogènes / peu contrastées / moins cohérentes / argileux / structure

peu nette à localement nette / polyédrique / moyenne et grossière / tendant à s'affiner vers la base / très légèrement cohérent en haut à meuble en bas / volume des vides faible entre agrégats / prolongation des fissures précédentes sur 20 CM sup. / pores nombreux / très fins et fins / pores moyens assez nombreux en haut / peu friable / coeur de quelques gros agrégats plus sec, plus compact / quelques noyaux argileux, subarrondis, denses / revêtements organo-argileux / 10 YR 5/4 / 10 % en haut à 5 % en bas / luisants / à netteté diminuant vers la base / associés aux vides et préférentiellement sur faces verticales des agrégats / quelques racines fines et moyennes / dans la masse, ou dans les vides en haut / transition diffuse / régulière.

80 - 150 CM : Humide à frais / 7,5 YR 5/6-5/8 / assez homogène / rares taches / 7,5 YR 5/4 / associées à des volumes pédoturbés / argileux / structure peu nette à localement nette / polyédrique / moyenne et fine / à surstructure polyédrique grossière / volume des vides très faible / faces structurales d'aspect microgranuleux / quelques faces plus nettes, plus anguleuses, entre agrégats plus fermes / quelques noyaux argileux / subanguleux / denses / légèrement plus rouges / pores peu nombreux / très fins et fins / assez régulièrement répartis / légèrement moins nombreux au niveau des agrégats fermes et noyaux argileux / friable / plastique / collant / quelques revêtements / luisants / minces / peu contrastés / sur faces verticales des agrégats / quelques racines fines / dans la masse / transition diffuse / régulière.

150 - 230 CM : Frais à légèrement humide / 7,5 YR 5/8 / brun jaunâtre / taches très diffuses / 6,25 YR 5/8 / phase légèrement plus dense / en taches isolées / peu nombreuses 5 YR 5/8 en haut, à taches 3,75 YR 5/8 en bas / irrégulières ou émoussées / inf. 2 CM / peu contrastées / plus cohérentes / moins poreuses / peu friables / formant localement des noyaux argileux subarrondis, durs / vers la base, taches ocre, associées, à leur périphérie / au niveau de ces taches, structure polyédrique nette, à faces structurales planes et anguleuses, marquées, luisantes / Légèrement cohérent / limites peu nettes avec matrice meuble, à structure polyédrique fine peu nette, à localement moyenne, et ébauche de microstructure, à pores très fins et fins, friable à très friable / rares revêtements idem précédents / quelques racines fines dans la masse / transition diffuse / régulière.

230 - 310 CM : Frais à légèrement humide / 6,25 YR 5/8 / taches précédentes progressivement plus abondantes / augmentant en taille et nombre, dureté et contraste, du haut vers le bas / taches jaunes associées progressivement plus contrastées, à leur périphérie / noyaux argileux plus nombreux, subarrondis, plus fermes / légère augmentation de la compacité de l'ensemble / structure polyédrique / moyenne / surstructure polyédrique grossière à localement prismatique fine / microstructure tend à s'estomper / faces structurales de plus en plus nettes et luisantes au niveau de la phase la plus ferme / volume des vides très faible / pores très nombreux / très fins et fins / friable à peu friable / rares revêtements, peu nets, associés à des vides / 1 tache d'altéro-plasma, rouge, à fantômes de minéraux, massive, diffuse / "plombs de chasse" / quelques racines fines / dans la masse / transition graduelle / régulière.

310 - 350 CM : Extension de la phase rouge et ferme / 2,5 YR 4/6 / 70 % / taches 7,5 YR 5/8 à 10 YR 6/8 / associées aux vides et faces structurales / cette phase forme une trame continue / limites souvent peu nettes avec phase 5 YR 5/8 / très poreuse / friable / finement structurée / structure d'ensemble prismatique grossière / à sous-structure polyédrique et prismatique moyenne et fine / faces structurales verticales nettes et luisantes / légèrement cohérent / formes nodulaires dans la masse / "plombs de chasse" / peu friable / quelques racines / fines / transition diffuse / régulière.

350 - 400 CM : Extension progressive de la phase rouge / 2,5 YR à 10 R 4/8 / formant un réseau plus large / aux limites à peine plus nettes / taches jaunes plus nombreuses et plus contrastées à orientation subverticale / compacité d'ensemble accrue / structure idem / diminution de porosité / phase meuble réduite à volumes de forme tubulaire, subverticaux / aspect massif / nodules plus abondants.

S 32 : Mi-pente 10 % / sous défriche de 4 ans.

0 - 1 CM : Humide / 10 YR 4/4 / brun jaunâtre foncé / matière organique directement et non directement décelable / argilo-sableux / quelques sables déliés blanchis / structure très nette / grumeleuse / moyenne et fine / associée à une structure particulière / très poreux / très meuble / très friable / cohésion par matrice racinaire dense / transition très nette / régulière.

1 - 12 CM : Très frais / 7,5 YR 5/4 / brun / quelques taches / 10 YR 4/4 / brun jaunâtre foncé / associées à des vides / contrastées / moins cohérentes / à limites peu nettes à nettes / argilo-peu sableux / quelques nodules "plombs de chasse" / structure nette / polyédrique subanguleuse / moyenne / associée ou à sous-structure grumeleuse et polyédrique subanguleuse fine et très fine / à la partie supérieure surtout / faces granuleuses des agrégats / volume des vides faible / pores très nombreux / très fins et fins / meuble / friable / quelques agrégats ou coeur d'agrégats plus fermes / quelques faces luisantes / pas de revêtements / racines fines / chevelu / dans la masse / forte activité / transition distincte / régulière.

12 - 45 CM : Très frais / 7,5 YR 5/6 / brun vif / quelques taches sombres associées aux vides / faible imprégnation organique / argileux / structure nette / polyédrique / moyenne / à sur-structure polyédrique grossière / léger allongement subvertical des plus gros agrégats / faces structurales granuleuses / quelques faces plus planes au niveau de fissures verticales / sous-structure polyédrique fine / volume des vides très faible / meuble / friable / à peine plus cohérent qu'horizon sus-jacent / pores très nombreux / très fins et fins / pores moyens / quelques faces luisantes / revêtements peu abondants / minces / organo-argileux / 10 YR 5/4 / sur faces verticales / chevelu / racines fines / dans la masse / activité forte / transition graduelle / régulière.

45 - 120 CM : Très frais / 7,5 YR 5/6 haut 5/8 bas / quelques taches sombres ou plus rouges / grumeleuses / associées à l'activité biologique / contrastées / argileux / structure nette / polyédrique moyenne / légère surstructure grossière / sous-structure fine moins nette que précédemment / faces structurales planes / arêtes anguleuses plus marquées / faces luisantes plus nombreuses / meuble / compacité légèrement plus forte, dans partie moyenne notamment / pores très nombreux / très fins et fins / friable / à peine plus consistant / rares revêtements diffus / sur faces structurales verticales / racines fines / chevelu / dans la masse / forte activité / quelques petits nodules / transition diffuse / régulière.

120 - 200CM : Frais / 7,5 YR 5/8 / brun vif / nombreuses taches 6,25 YR 5/8 / diffuses / dans la masse / quelques taches 7,5 YR 6/8 / associées aux précédentes / préférentiellement liées à des agrégats plus fermes ou aux vides / gradient de taches croissant vers la base / argileux / quelques "plombs de chasse" / structure nette / polyédrique/fine et très fine / sur-structure localisée, polyédrique moyenne / quelques agrégats plus fermes aux faces structurales plus nettes / notamment au sein de la phase tachée / quelques noyaux argileux très différenciés / ébauche de microstructure, vers la base notamment / associée à la phase rougeâtre / meuble / volume des vides très faible / pores peu nombreux / très fins et fins / rares faces luisantes / pas de revêtements apparents / friable / légère hétérogénéité de consistance / quelques racines/fines / chevelu / dans la masse / activité forte / transition diffuse / régulière.

200 - 250CM : Frais / 6,25 YR 5/8 / quelques taches / 5 YR 5/8 / et 10 YR 6/8 / associées / parfois légèrement plus cohérentes / peu contrastées / à limites peu nettes / argileux / structure nette / polyédrique / très fine et fine / à surstructure localisée / polyédrique moyenne / microstructure légèrement plus développée / quelques noyaux argileux tachés / émoussés / plus denses / vers la base notamment / faces structurales plus nettes et légèrement luisantes au niveau de la phase tachée / volume des vides très faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / légère diminution de porosité au niveau de phase tachée / peu friable / Pas de revêtements apparents / quelques racines/fines / chevelu / dans la masse / transition graduelle / ondulée.

250/270 - 290/300 CM : Frais / nette séparation en deux phases / 1-phase dense / 2,5 YR 4/8 / rouge / 30% / régulièrement répartie / taches / 10 YR 6/8 / associées / contrastées / liées aux vides et faces structurales, et à la périphérie / structure polyédrique / très fine / faces structurales planes et lisses, voire luisantes / faces verticales les plus marquées / légèrement cohérent / pores nombreux/très fins et fins / limites nettes à très nettes / parfois émoussées / 2- phase meuble / 6,25 YR 5/6 à 5 YR 5/8 / polyédrique fine et microgrenue / pédoturnée / très friable / à friable / très poreuse / incluant quelques noyaux argileux plus denses, émoussés, résiduels de phase précédente / quelques racines / fines / préférentiellement dans la phase le plus meuble / transition diffuse / régulière.

290/300 - 360 CM et plus : Extension progressive de la phase rouge et taches jaunes associées / forment un réseau continu / phase meuble se réduit à un réseau tubulaire / limites variablement nettes entre les 2 phases / accroissement de la compacité d'ensemble / légèrement cohérent / pores peu nombreux dans la phase rouge / peu friable à friable / débit subvertical préférentiel / quelques "plombs de chasse" / quelques racines fines dans la phase meuble / faces luisantes.

S 41 : Sommet d'interfluve / pente 2 % / défriche / pas d'arbres.

0 - 15 CM : Horizon cultural / humide / de teinte hétérogène / 10 YR 3/4-5/4 / brun jaunâtre foncé à brun jaunâtre / taches / contrastées / à limites peu nettes / les plus sombres préférentiellement associées aux volumes pédoturbés / les plus vives aux agrégats les plus fermes (cœur) / argilo-peu sableux / structure très nette / polyédrique subanguleuse / moyenne et fine / associée à une structure grumeleuse fine / grumeaux essentiellement biologiques et organiques / volume des vides assez important / meuble / très poreux / friable / peu plastique / peu collant / hétérogénéité de porosité / racines fines / chevelu dense / assez régulièrement répartis dans la masse / activité très forte / transition distincte / régulière.

15 - 50 cm : Légèrement humide / 7,5 YR 5/6 / brun vif / taches 7,5-10 YR 4/4 et 5/4 / irrégulières et tubulaires / essentiellement associées à l'activité biologique / très poreuses / moins cohérentes / argileux / structure nette / polyédrique / moyenne et grossière / sous-structure polyédrique fine / volume des vides faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / quelques pores moyens et grossiers / peu friable / plastique / collant / faces luisantes sur agrégats / revêtements peu nets / sur faces structurales verticales / quelques agrégats plus fermes / moins poreux / racines fines / chevelu / dans la masse / transition diffuse / régulière.

50 - 120 CM : Légèrement humide / 7,5 YR 5/6 / brun vif / quelques taches idem / argileux / structure moins nette / polyédrique moyenne / sous-structure polyédrique fine / microagrégats biologiques / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / peu friable à friable / plastique / collant / faces luisantes moins abondantes / moins nettes / revêtements plus rares / quelques racines fines et chevelu dans la masse / transition très diffuse / régulière.

120 - 190 CM : Frais / 7,5 YR 5/8 / brun vif / rares taches idem / tubulaires / réduites / argileux / structure peu nette / polyédrique / fine et très fine / surstructure localisée polyédrique moyenne / sous-structure microgremia / quelques agrégats polyédriques nets / quelques faces structurales planes, lisses, anguleuses, inf. 1 CM, dans volumes légèrement plus fermes / meuble à très meuble / pores très nombreux / friable à très friable / plastique / collant / rares faces luisantes / pas de revêtements apparents / quelques racines fines / chevelu / pénétrant la masse de l'horizon / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

190 - 310 CM : Frais / sensiblement idem / légère accentuation de la microstructuration / structure polyédrique très peu nette / vers le bas accroissement du nombre et du contraste des agrégats fermes / alors moins poreux / et de faces structurales planes et lisses associées / quelques noyaux argileux de même teinte / légèrement émoussés / ensemble très poreux / très meuble / quelques nodules ferrugineux / inf. 5 MM / pas de faces luisantes ni revêtements apparents / activité moyenne / quelques racines fines / dans la masse / transition graduelle / régulière.

310 - 340/350 CM : Frais / 6,25 YR 5/8 / taches diffuses / 7,5 YR 5/8 / brun vif / rares taches / 10 YR 6/8 / jaune brunâtre / associées à aux vides et faces structurales des volumes les plus fermes / rares taches / 5 YR 5/8 / rouge jaunâtre / peu contrastées / plus cohérentes / moins poreuses / nodules "plombs de chasse" peu abondants / argileux / structure peu nette / polyédrique / fine et moyenne / microstructure en régression / faces structurales nettes et planes légèrement plus nombreuses / noyaux argileux nets, peu friables, peu poreux, 5 YR 5/8 / meuble mais léger accroissement de compacité / volume des vides très faible / pores très nombreux / très fins et fins / pas de faces luisantes ni revêtements / friable à peu friable / quelques racines fines / dans la masse / activité moyenne / transition nette / ondulée.

340/350 - 390 CM et plus : Carapace à nodules abondants / irréguliers / émoussés et arrondis / luisants / très durs / rouge violacé très sombre / jusque 5 CM / enchassés dans une trame argilomorphe / 40 % / 2,5 YR 4/8 / rouge / à bords émoussés / peu poreuse / dure / à différenciation périphérique parfois plus ferruginisée, 10 R 3/6, rouge sombre / réseau vacuolaire à bords nets, émoussés / partiellement ou totalement rempli d'argile 6,25 à 7,5 YR 7/8 / jaune rougeâtre / très poreuse / ensemble cohérent à débit polyédrique grossier.

S 42 : Tiers supérieur de versant / pente 5 % / sous défriche / abondants palmiers.

0 - 10 CM : Humide / 7,5 YR 4,5/4 / brun / nombreuses taches / 7,5 YR 3/2-4/2 / brun foncé / dans la masse et surtout associées à l'activité biologique / dans 3 premiers CM notamment / argileux / structure très nette / polyédrique subanguleuse / moyenne à très fine / quelques agrégats grossiers / agrégats grumeleux associés à l'activité biologique / volume des vides assez important / pores nombreux / très fins et fins / agrégats les plus vifs peu friables / agrégats sombres friables / plastique / collant / faces luisantes / revêtements brunâtres / nombreuses racines / fines / chevelu très dense / dans la masse et contournant les agrégats / activité très forte / transition graduelle / ondulée.

10 - 45 CM : Légèrement humide / 6,25 YR 5/6 / taches diffuses dans la masse / préférentiellement à la périphérie des agrégats / 7,5 YR 5/4 / brun / taches sombres idem précédemment / 7,5 YR 4/4 / brun foncé / contrastées / associées aux vides / argileux / structure nette / polyédrique / moyenne à grossière / sous-structure localisée polyédrique fine et très fine /

arêtes anguleuses / nombreuses facettes structurales nettes / surstructure polyédrique grossière / volume des vides faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / faces luisantes / quelques revêtements diffus / quelques "plombs de chasse" / racines fines / chevelu dense / dans la masse / activité forte / transition diffuse / régulière.

45 - 90 CM : Frais à légèrement humide / 6,25 YR 5/6 / homogène / rares taches / sombres / contrastées / liées à l'activité biologique / tubulaires / quelques nodules / argileux / structure peu nette / polyédrique / fine et moyenne / microstructure peu développée, localisée / sur-structure polyédrique grossière à allongement subvertical / volume des vides très faible / quelques faces structurales nettes, lisses / et arêtes anguleuses / dans quelques volumes plus fermes, moins poreux / pores très nombreux / très fins et fins / friable / faces luisantes peu marquées / pas de revêtements / racines fines / chevelu / dans la masse / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

90 - 190CM : Frais / 6,25 YR 5/8 / rouge jaunâtre / sensiblement idem / structure peu nette / faces structurales encore moins nettes / structuration plus fine / polyédrique fine et très fine / microstructure progressivement plus développée vers la base / volume des vides très faible / pores très nombreux / porosité ~~inter-microagréats~~ plus développée / des agrégats plus fermes / à pores nombreux à peu nombreux / à facettes structurales nettes, mieux individualisées / friable en haut à très friable en bas / rares faces luisantes / pas de revêtements / quelques racines fines / dans la masse / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

190 - 250CM : Frais / peu différent / 5 YR 5/8 / rouge jaunâtre / nodules légèrement plus abondants / microstructure et ameublissement plus marqués / des agrégats plus abondants / certains légèrement plus rouges / à pores peu nombreux / ensemble très poreux / très friable / quelques racines fines / dans la masse / transition nette / ondulée.

250 - 280 CM : Horizon nodulaire à nodules très abondants / idem S 41 / dans une matrice plus homogène, nettement moins indurée / 5 YR 5/8 à taches 6,25 YR 5/8 / à taches 6,25 YR 5/8 / meuble / friable / à pores nombreux traversés de fins pédotubules microgramuleux.

S 43 : Mi-versant / pente 7 % / sous défriches / palmiers à huile.

0 - 10 CM : idem 0 - 10 CM de S 42.

10 - 40 CM : Légèrement humide / 7,5 YR 5/6 / brun vif / taches 7,5 YR 5/4-4/4 / brun / diffuses / moins cohérentes / de dimensions hétérogènes / liées à l'activité biologique / argileux / structure nette / polyédrique moyenne / sous-structure polyédrique fine / microstructure peu développée, localisée / volume des vides faible / pores peu nombreux / très fins et fins / peu friable / plastique / collant / faces luisantes / certaines légèrement plus sombres / quelques revêtements plus nets dans les vides / nombreuses racines / fines / chevelu / dans la masse /

activité forte / transition diffuse / régulière.

40 - 100 CM : Frais à légèrement humide / 7,5 YR 5/8 / brun vif / rares taches / moins cohérentes / liées à l'activité biologique / argileux / structure peu nette / polyédrique fine / surstructure polyédrique moyenne et grossière / microstructure peu différenciée / localisée / volume des vides très faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / friable / quelques agrégats à peine plus fermes et légèrement moins poreux / peu de faces structurales nettes et planes / faces luisantes moins nombreuses / pas de revêtements apparents / quelques petits nodules / racines fines et chevelu / dans la masse / activité moyenne / transition diffuse / régulière.

100 - 210 CM : Frais / 6,25 YR 5/8 / rouge jaunâtre / argileux / affinement de la structure polyédrique, encore moins nette / développement et généralisation progressive de la microstructure vers le bas / très poreux / friable à très friable / quelques volumes moins microstructurés / à structure polyédrique légèrement plus marquée / plus fermes / pas de faces luisantes ni revêtements / racines / fines / dans la masse / activité moyenne / transition très diffuse / régulière.

210 - 280 CM : Frais / 6,25 YR 5/8 / taches diffuses / 5 YR 5/8 / début de séparation en 2 phases / l'une, dominante, très meuble, très poreuse, à microstructure plus développée que précédemment / l'autre, plus ferme, friable à localement peu friable, à pores nombreux à peu nombreux, polyédrique, à facettes structurales planes et lisses, parfois légèrement plus rouge / limites peu nettes à localement nettes entre les 2 phases / la seconde forme ici et là des noyaux argileux denses / très meuble / quelques faces luisantes dans la phase ferme / pas de revêtements / quelques petits nodules / quelques racines / fines / dans la masse / activité moyenne / transition très diffuse / régulière.

280 - 360 CM et plus : Horizon devient progressivement plus rouge / 5 YR 5/8 / microstructure aussi développée régresse / la phase légèrement plus ferme s'accroît parallèlement / 3,75 YR 4/8 à la base / elle se présente sous forme de volumes irrégulièrement répartis, à orientation subverticale préférentielle / se résout en polyèdres fins / quelques taches jaunes / 7,5 YR 5/8 / associées aux faces structurales et aux vides / horizon très meuble / léger accroissement de la consistance d'ensemble / légère hétérogénéité de porosité : phase microstructurée très poreuse, phase ferme à porosité moyenne / volume des vides très faible / quelques racines fines / dans la masse / petits nodules / noyaux argileux.

S 44 : Tiers inférieur de pente / 15 % / sous défriche.

0 - 2 CM : Humide / 7,5 YR 4/4 / brun foncé / argilo-peu sableux / structure très nette / grumeleuse / fine / associée à une structure polyédrique subanguleuse fine / très meuble / très poreux / friable / chevelu très dense / nombreuses racines fines / activité forte / transition très nette / régulière.

2 - 15 CM : Frais à légèrement humide / 7,5 YR 5/4 / brun / nombreuses taches / 7,5 YR 5/6 / brun vif / coeur d'agrégats plus fermes / nombreuses taches / 7,5 YR 4/4 / brun foncé / liées à l'activité biologique / grumeleuses / moins cohérentes / argileux / structure très nette / polyédrique sub-anguleuse / moyenne et grossière / faces des agrégats granuleuses / quelques arêtes plus anguleuses / volume des vides assez important / très meuble / pores très nombreux / très fins et fins / revêtements luisants / diffus / 7,5 YR 5/4 / racines fines / chevelu dense / dans la masse / peu friable / activité forte / transition graduelle / ondulée.

15 - 40 CM : Frais à légèrement humide / 7,5 YR 5/6 / brun vif / quelques taches / 7,5 YR 4/4-5/4 / brun / liées à l'activité biologique / argileux / structure très nette / polyédrique / fine et moyenne / volume des vides assez important / pores très nombreux / très fins et fins / peu friable / plastique / collant / faces luisantes et/ou revêtements / 7,5 YR 5/4 / brun / sur faces verticales des agrégats et particulièrement au niveau de quelques fissures / racines / fines / chevelu / pénétrant et contournant les agrégats / activité forte / transition diffuse / régulière.

40 - 100 CM : Frais à légèrement humide / 7,5 YR 5/8 / brun vif / homogène / argileux / structure nette / polyédrique / fine / surstructure localisée / polyédrique moyenne / sous-structure polyédrique très fine / volume des vides faible / meuble à localement très meuble / quelques agrégats plus cohérents / moins poreux / assez nombreuses faces structurales planes et lisses / peu friable à localement friable / faces luisantes et revêtements moins abondants et moins nets / racines fines / chevelu / dans la masse / quelques nodules / activité forte / transition diffuse / régulière.

100 - 190 CM : Frais / 7,5 YR 5/8 à 6,25 YR 5/8 / brun vif / argileux / structure nette / polyédrique / très fine / quelques agrégats fins et moyens / microstructure peu développée en haut, se différencie vers la base / faces structurales moins marquées / quelques volumes plus fermes / à structure polyédrique plus nette / et agrégats légèrement plus rouges / avec quelques taches jaunâtres liées aux faces structurales / volume des vides faible / meuble / pores très nombreux / très fins et fins / friable à localement peu friable / quelques faces luisantes / quelques revêtements diffus / sur quelques faces structurales verticales / quelques petits nodules / quelques racines fines / dans la masse / activité moyenne / transition très diffuse / régulière.

190 - 240 CM : Frais / 6,25 YR 5/8 / rouge jaunâtre / taches en haut à nombreuses taches en bas / 5 YR 5/8 à 3,75 YR 5/8 / associées à des volumes plus fermes / à structure polyédrique fine / nette / à faces structurales planes et lisses / à taches jaunâtres associées / peu poreux / peu friable / formant localement des noyaux argileux denses / développement de la microstructure / volume des vides très faible / très poreux / meuble à très meuble / friable et peu friable / rares faces luisantes / par de revêtements / quelques racines fines / dans la masse / activité moyenne / transition graduelle / régulière.

240 - 300 CM : Séparation nette en 2 phases / 1- phase polyédrique fine et microgrenue / 6,25 YR 5/8 / très poreuse / très meuble / très friable / 2- phase 30 % en haut à 50 % en bas / 5 YR 5/8 à 2,5 YR 4/8 / rouge jaunâtre à rouge / taches / 10 % / 7,5 YR 5/8 / brun vif / associées aux faces structurales et aux vides / structuration préférentiellement subverticale / avec faces structurales marquées / lisses et luisantes / pores peu nombreux / peu friable / noyaux argileux idem / peu à non friables / limites peu nettes à nettes entre ces 2 phases / accroissement progressif de la cohésion d'ensemble / pas de revêtements / quelques racines fines / dans la masse.